

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**MODIFIKASI *INTERLEAVED BOOST CONVERTER* DENGAN
SWITCHING ADAPTIF UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI
CONVERTER PADA KENDARAAN LISTRIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh :

SHANDY RESAVAL

11655103653

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2020

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

**MODIFIKASI INTERLEAVED BOOST CONVERTER DENGAN SWITCHING
ADAPTIF UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI CONVERTER PADA
KENDARAAN LISTRIK**

TUGAS AKHIR

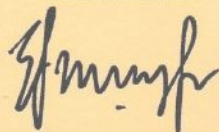
oleh:

SHANDY RESAVAL

11655103653

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 30 Juni 2020

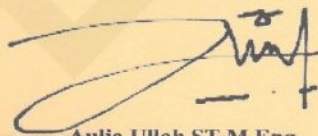
**Ketua Program Studi
Teknik Elektro**



Ewi Ismaredah S.Kom., M.Kom

NIP. 19750922 200912 2 002

Pembimbing I



Aulia Ullah ST, M.Eng

NIP. 19850618 201503 1 003

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

MODIFIKASI INTERLEAVED BOOST CONVERTER DENGAN SWITCHING ADAPTIF UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI CONVERTER PADA KENDARAAN LISTRIK

TUGAS AKHIR

oleh:

SHANDY RESAVAL
11655103653

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 30 Juni 2020

Pekanbaru, 30 Juni 2020

Mengesahkan,

Dekan



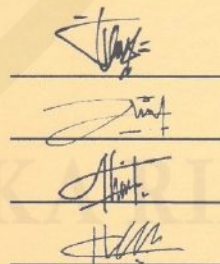
Dr. Abnadd Darmawi, M.Ag
NIP. 19660604 199203 1 004

Ketua Program Studi
Teknik Elektro

Ewi Ismaredah S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Mulyono, ST., MT
Sekretaris : Aulia Ullah, ST., M.Eng
Anggota I : Ahmad Faizal, ST., MT
Anggota II : Halim Mudia, ST., MT





LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan di perkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 30 Juni 2020

Yang membuat pernyataan,

SHANDY RESAVAL
NIM. 11655103653

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang

Barang siapa Yang menghendaki kehidupan dunia, maka wajib baginya berilmu, dan barang siapa yang menghendaki kehidupan akhirat, maka wajib baginya berilmu, dan barang siapa yang menghendaki keduanya, maka wajib baginya berilmu.

(HR. Tirmidzi)

Alhamdulillahirabbil'alamiin

Bersukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memeberikan nikmat iman, Islam, kesempatan, kesehatan dan ilmu kepada saya agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Salawat dan salam kuucapkan kepada nabi Muhammad rasulullah shalallahu'alaihi wasallam yang telah menjadi panutanku selama ini.

Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat.

(QS: Al-Mujadilah 11)

Ku persembahkan karya ini untuk Papa dan Ibu yang telah membesarkan, merawat, mendidik, menafkahi, memberi makan dan selalu mengingatkan kami kepada kebaikan. Adik-adik tercinta, seluruh keluarga, sahabat, seluruh anggota ROHIS SMKN2 dan seluruh keluarga besar teknik elektro UIN SUSKA RIAU yang doanya senantiasa mengiringi setiap derap langkahku dalam meniti kesuksesan.

Dan katakanlah: "Ya Tuhan-ku, masukkan aku ketempat masuk yang benar dan keluarkanlah (pula) aku ketempat keluar yang benar dan berilah aku disisi- Mu kekuasaan yang dapat menolongku."

(QS: Al-Isra 80)

| Shandy Resaval |
| 30 Juni 2020 |

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

MODIFIKASI *INTERLEAVED BOOST CONVERTER* DENGAN *SWITCHING* ADAPTIF UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI *CONVERTER* PADA KENDARAAN LISTRIK

SHANDY RESAVAL

NIM : 11655103653

Tanggal Sidang : 30 Juni 2020

Program Studi Teknik Elektro Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Penelitian ini membahas permasalahan *boost converter* pada kendaraan listrik dimana saat pembebanan daya tinggi efisiensi yang dihasilkan relatif rendah. Untuk mengatasi masalah ini maka diusulkanlah *interleaved boost converter* dengan *switching adaptif* agar menghasilkan *converter* dengan efisiensi yang relatif tinggi saat penanganan daya rendah maupun tinggi. Setelah dilakukan percobaan, efisiensi *boost converter* biasa paling tinggi hanya 87% pada daya 30W dengan rata-rata efisiensi 73%, setelah di modifikasi menggunakan metode *interleaved* efisiensi meningkat sebesar 18% dengan efisiensi tertinggi sebesar 98% pada daya 70W dengan rata-rata efisiensi 91%. Dapat disimpulkan bahwa efisiensi dari hasil modifikasi *interleaved boost converter* lebih baik dari pada *boost converter* biasa.

Kata Kunci: *Interleaved, Boost, Converter, Adaptif.*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

MODIFICATION OF INTERLEAVED BOOST CONVERTER WITH ADAPTIVE SWITCHING TO INCREASE CONVERTER EFFICIENCY IN ELECTRIC VEHICLES

SHANDY RESAVAL

Student Number : 11655201550

Date of Final Exam : June 30, 2020

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science of Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas St. Number. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

This study discusses the problem of boost converters in electric vehicles when loading high power efficiency resulting in relatively low power. To overcome this problem, an interleaved boost converter with adaptive switching is proposed to produce a converter with a relatively high efficiency when handling low or high power. After the experiment, the highest efficiency of ordinary boost converter is only 87% at 30W power with an average efficiency of 73%, after being modified using the interleaved method the efficiency increases by 18% with the highest efficiency of 98% at 70W power with an average efficiency of 91 %. It can be concluded that the efficiency of the results of the modification of the interleaved boost converter is better than an ordinary boost converter.

Key Word : *Interleaved, Boost, Converter, Adaptif.*



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam juga penulis haturkan kepada baginda Rasulullah SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan suri tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut di contoh dan di teladani bagi kita semua. Atas ridho Allah SWT penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Modifikasi Interleaved Boost Converter Dengan Switching Adaptif Untuk Meningkatkan Efisiensi Converter Pada Kendaraan Listrik”**.

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi, dan juga do'a orang-orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Sudah menjadi ketentuan bagi setiap Mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi UIN SUSKA Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna mencapai gelar sarjana.

Oleh sebab itu sudah sewajarnya penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Papa, Ibu dan Adik-adik tercinta yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materil dan doa kepada penulis serta keluarga besar penulis yang selalu mendoakan penulis.
2. Bapak Prof. Dr. H. Akhmad Mujahidin, S.Ag., M.Ag selaku rektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
3. Bapak Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.
4. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom.,M.Kom selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau sekaligus dosen penguji satu tugas akhir ini.
5. Bapak Mulyono, S.T, M.T selaku ketua sidang dan sekretaris jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
6. Bapak Aulia Ullah ST, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Bapak Ahmad Faizal ST, MT dan Bapak Halim Mudia, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.
8. Dr. Liliana ST, M.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik selama perkuliahan penulis dari semester 7 hingga akhir semester.
9. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Kakanda Syarifuddin Jakfar, S.T yang telah banyak meluangkan waktunya serta memberikan masukan kepada penulis padahal waktu itu kakanda juga sedang sibuk mengurus Tugas Akhir kakanda.
11. Kakanda Abdul Rahman, S.T, yang telah banyak memberikan informasi seputar Tugas Akhir sehingga penulis tidak terlalu bingung untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
12. Aulia Rahma Jumardi selaku teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini dan telah banyak membantu penulis dalam berbagai hal dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
13. Rahmad Afandi yang telah banyak membantu penulis dalam berbagi hal dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
14. Jufri Yanto yang telah banyak membantu penulis dalam berbagi hal dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
15. Nuri Rahmadani Diva dan Elvira Syafitri yang telah memberikan dukungan, dorongan, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
16. Della Indriyani, Eddy darmawan, Erdianto, Reski Eka Putra, Kakanda Riezky Adler, Kakanda Nael, Kakanda Fadli SR, Kakanda Imam Khusroni, Ihsan, Habibi Magribi, Elvira Syafitri, Nuri Ramadani, Ahmad Iqbal yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
17. KKN Desa Sungai Sirih yang telah memberikan dukungan, dorongan, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
18. Garundang, Instrumen 2016 serta teman-teman angkatan 2016 lainnya yang juga telah memberikan banyak dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini serta teman-teman penulis lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang. UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

persatu yang telah membantu dan memberi dorongan, motivasi dan sumbangan pemikiran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan sebuah harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, 30 Juni 2020

Penulis,

Shandy Resaval
NIM. 11655103653

UIN SUSKA RIAU



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

HALAMAN PERSEMBAHAN

ABSTRAK

ABSTRACT

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI ii

DAFTAR GAMBAR v

DAFTAR RUMUS vii

DAFTAR TABEL viii

DAFTAR LAMBANG ii

DAFTAR SINGKATAN iii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang I-1

1.2. Rumusan Masalah I-4

1.3. Tujuan Penelitian I-4

1.4. Manfaat Penelitian I-4

1.5. Batasan Masalah I-5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait II-1

2.2. *Boost Converter* II-3

2.3. *Interleaved Boost Converter* II-5

2.3.1. Prinsip Kerja *Interleaved Boost Converter* II-5

2.4. Penentuan Nilai Induktor dan Kapasitor II-9

2.4.1. Induktor II-9

2.4.2. Kapasitor II-10

2.5. Pulse Width Modulation (PWM) II-10

2.5.1. *Continuous Conduction Mode (CCM)* II-11

2.5.2. *Discontinuous Conduction Mode (DCM)* II-12

2.6. Efisiensi Konversi Daya II-13



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.6.1. Pentingnya Efisiensi Konversi Daya.....	II-13
2.7. Sensor.....	II-13
2.8. <i>Voltage Divider</i>	II-14
2.9. Arduino	II-14
2.9. <i>Dummy Load</i>	II-16

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian.....	III-1
3.2. Diagram Alir Penelitian	III-1
3.2.1. Studi Literatur	III-2
3.2.2. Identifikasi Masalah	III-2
3.2.3. Perancangan Sistem	III-2
3.3.4. Validasi Sensor	III-7
3.3. Variabel Penelitian.....	III-7
3.4. Perancangan <i>Switching</i> Adaptif	III-8
3.5. Simulasi Rangkaian.....	III-8
3.6. Rancangan Alat Penelitian	III-8
3.7. Diagram Alir Program	III-9
3.8. Hasil Data Penelitian Yang Akan Di Ambil	III-10
3.8.1. Pengukuran Tegangan <i>Ripple</i>	III-10
3.8.2. Pengukuran Efisiensi.....	III-11

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1. Hasil Perhitungan.....	IV-1
4.1.1. Perhitungan <i>Interleaved Boost Converter</i>	IV-1
4.1.2. Perhitungan Nilai Induktor dan Kapasitor	IV-2
4.1.3. Hasil dan Analisa Perhitungan Nilai Resistor <i>Dummy Load</i>	IV-3
4.3.4. Perhitungan Nilai Resistor Untuk Sensor Tegangan.....	IV-4
4.3.5. Perhitungan Driver MOSFET	IV-5
4.2. Hasil Pengujian dan Validasi Sensor	IV-6
4.2.1. Hasil Pengujian Sensor Tegangan.....	IV-6
4.2.2. Hasil Pengujian Sensor Arus.....	IV-8
4.3. Hasil Rancangan Simulasi	IV-9
4.3.1. Hasil Pengukuran Arus <i>Ripple</i> dan Analisa	IV-10
4.3.2. Hasil Pengukuran Tegangan <i>Ripple</i>	IV-11

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.3.3. Hasil Pengukuran Efisiensi Simulasi.....	IV-12
4.4. Hasil Pengukuran Hardware	IV-13
4.4.1. Hasil Pengukuran <i>Converter</i>	IV-14
4.4.2. Hasil Efisiensi <i>Converter</i>	IV-15

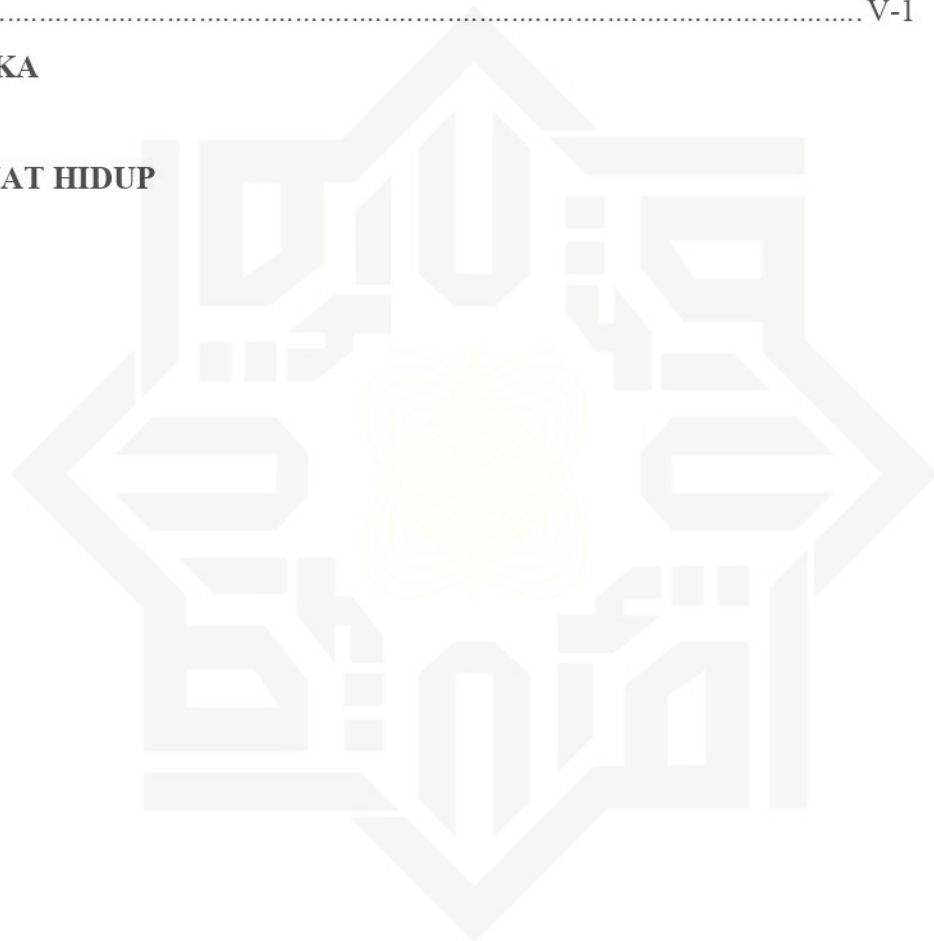
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



UIN SUSKA RIAU



DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar		
Gambar 2.1. Rangkaian <i>Boost Converter</i>	II-3	
Gambar 2.2. Kondisi <i>State ON</i> Dan <i>State OFF Boost Converter</i>	II-4	
Gambar 2.3. Rangkaian <i>Interleaved Boost Converter</i>	II-5	
Gambar 2.4. <i>Interleaved Boost Converter</i> S1 Aktif Dan S2 Non-Aktif.....	II-6	
Gambar 2.5. <i>Interleaved Boost Converter</i> S1 Non-Aktif Dan S2 Non-Aktif	II-7	
Gambar 2.6. <i>Interleaved Boost Converter</i> S1 Non-Aktif Dan S2 Aktif.....	II-7	
Gambar 2.7. <i>Interleaved Boost Converter</i> S1 Non-Aktif Dan S2 Non-Aktif	II-8	
Gambar 2.8. Tahap 1(a) Dan Tahap 2(b).....	II-11	
Gambar 2.9. Bentuk Gelombang Ideal <i>Interleaved Boost Converter</i> Mode CCM	II-12	
Gambar 2.10. Bentuk Gelombang Ideal <i>Interleaved Boost Converter</i> Mode DCM	II-12	
Gambar 2.11. Rangkaian <i>Voltage Divider</i>	II-14	
Gambar 2.12. Pin Arduino Nano	II-15	
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	III-1	
Gambar 3.2. Alur Wiring Rangkaian <i>Converter</i>	III-3	
Gambar 3.3. Alur Perancangan Sistem <i>Converter</i>	III-4	
Gambar 3.4. <i>Wiring Interleaved Boost Converter</i>	III-4	
Gambar 3.5. Alur <i>Wiring Driver</i> MOSFET	III-5	
Gambar 3.6. Rangkaian <i>Driver</i> MOSFET.....	III-6	
Gambar 3.7. Rangkaian Sensor Tegangan.....	III-6	
Gambar 3.8. Rangkaian Sensor Arus ACS712.....	III-8	
Gambar 3.9. Rangkaian Regulator 12V.....	III-9	
Gambar 3.10. Rangkaian <i>Interleaved Boost Converter</i> Keseluruhan	III-9	
Gambar 3.11. Diagram Alir Program.....	III-10	
Gambar 3.12. Rangkaian <i>Converter</i> ke Oscilloscope	III-11	
Gambar 3.13. Layar Oscilloscope	III-11	
Gambar 3.14. Rangkaian Pengukuran Arus Pada <i>Input</i> dan <i>Output Converter</i>	III-12	
Gambar 3.15. Grafik Efisiensi <i>Converter</i>	III-14	
Gambar 4.1. Rangkaian <i>Driver</i> MOSFET dengan Optocoupler	IV-5	
Gambar 4.2 Pengujian Sensor Tegangan Arduino	IV-7	
Gambar 4.3 Pengukuran tegangan multimeter	IV-8	
Gambar 4.4 Pengujian Program Sensor Arus.....	IV-8	

Gambar 4.5 Pengukuran Arus Menggunakan Multimeter.....	IV-9
Gambar 4.6 Hasil Rancangan Simulasi Modifikasi <i>Interleaved Boost Converter</i>	IV-9
Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Tegangan Sensor Arus ACS712 Oscilloscope	IV-10
Gambar 4.8 Tegangan <i>Ripple Boost Converter</i>	IV-11
Gambar 4.9 Tegangan <i>Ripple Interleaved Boost Converter</i>	IV-12
Gambar 4.10 Hasil Modifikasi <i>Interleaved Boost Converter</i>	IV-13



UIN SUSKA RIAU

1. Dianggap mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
Rumus 2.1. <i>Ripple</i> Arus Induktor Tertutup	II-4
Rumus 2.2. <i>Ripple</i> Arus Induktor Terbuka	II-5
Rumus 2.3. <i>Vout Boost Converter</i>	II-5
Rumus 2.4. <i>Ripple</i> Arus Induktor 1 Tertutup	II-6
Rumus 2.5. <i>Ripple</i> Arus Induktor 2 Terbuka	II-7
Rumus 2.6. <i>Ripple</i> Arus Induktor 1, 2 Terbuka	II-7
Rumus 2.7. <i>Ripple</i> Arus Induktor 2 Tertutup	II-8
Rumus 2.8. <i>Ripple</i> Arus Induktor 1 Terbuka	II-8
Rumus 2.9. <i>Vout Interleaved Boost Converter</i>	II-9
Rumus 2.10. <i>Duty Cycle</i>	II-9
Rumus 2.11. Induktor	II-9
Rumus 2.12. <i>Ripple</i> Arus Induktor	II-10
Rumus 2.13. Arus Induktor	II-10
Rumus 2.14. Kapasitor	II-10
Rumus 2.15. <i>Ripple</i> Tegangan <i>output</i>	II-10
Rumus 2.16. <i>Duty Cycle</i> PWM	II-11
Rumus 2.17. Efisiensi	II-13
Rumus 2.18. Daya	II-13
Rumus 2.19. Kesetimbangan Energi	II-13
Rumus 2.20. Tegangan, Arus Masuk dan keluar	II-13
Rumus 2.21. <i>Voltage Divider</i>	II-14
Rumus 2.22. Hukum Ohm	II-16
Rumus 2.23. Tahanan <i>Dummy Load</i>	II-17

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1. Spesifikasi Arduino Nano.....	II-15
Tabel 3.1. Tabel Kebenaran <i>Switching</i> Adaptif.....	III-7
Tabel 3.2. Tegangan <i>ripple boost converter</i> Berdasarkan <i>Dummy Load</i>	III-10
Tabel 3.3. Tegangan <i>ripple interleaved boost converter</i> Berdasarkan <i>Dummy Load</i>	III-10
Tabel 3.4. Arus <i>Output</i> Berdasarkan <i>Dummy Load</i>	III-12
Tabel 3.5. Jadwal Kegiatan Penelitian.....	III-13
Tabel 3.6. Estimasi Anggaran Biaya	III-13
Tabel 3.7. Parameter <i>Interleaved Boost Converter</i> Untuk <i>Initial Research</i>	III-14

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR LAMBANG

Resistansi
Induktor
Kapasitor
Tegangan
Arus
Daya

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

BC
MIBC

DAFTAR SINGKATAN

: *Boost Converter*

: *Modified Interleaved Boost Converter*



UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kendaraan konvensional merupakan salah satu sumber polusi terbesar yang ada di dunia saat ini. 70 persen sumber polusi udara di dunia berasal dari emisi mesin kendaraan [1]. Bahkan Indonesia memiliki tingkat polusi terbesar di dunia dengan *Air Quality Index* (AQI) yaitu sebesar 160 pada kota Jakarta di bulan Agustus 2019 [2]. Saat ini banyak sekali masyarakat di kota Jakarta menghirup udara yang tidak sehat setiap harinya yang disebabkan banyaknya kendaraan sehingga kondisi udara semakin memburuk. Tentu saja hal tersebut sangat berdampak buruk bagi masyarakat, 80 persen sumber polusi pada udara di luar ruangan berasal dari emisi kendaraan bermotor [3]. Tingginya gas emisi kendaraan bermotor menjadi sumber polusi utama di kota Jakarta maupun di dunia. Hal ini cukup mengkhawatirkan karena kualitas udara tidak sehat bertambah di setiap tahunnya [3]. Untuk mengatasi permasalahan ini perlu adanya perubahan gaya hidup, di antaranya yaitu beralih dari kendaraan konvensional dengan menggunakan kendaraan listrik, sehingga dapat mengurangi bertambahnya polusi udara di sektor transportasi [4].

Kendaraan listrik adalah kendaraan yang bersumber daya dari listrik dan menggunakan satu atau lebih motor listrik sebagai tenaga penggerakannya [5]. Yang menjadi kunci kendaraan listrik dalam mengurangi polusi adalah sumber dayanya berasal dari listrik dan relatif memiliki nol emisi. Sumber daya yang populer untuk digunakan pada kendaraan listrik saat ini adalah baterai. Dibandingkan dengan *Fuel Cell* (FC) yang merupakan salah satu sumber daya lain untuk kendaraan listrik, FC menggunakan hydrogen sebagai bahan bakarnya. Dalam pengoperasiannya FC masih menghasilkan 74,21 gram emisi setara CO_2/Km untuk penggunaan bahan bakar 4 liter setara bensin/Km dan berbeda dengan baterai dengan emisi yang sangat rendah yaitu 0,0 gram emisi setara CO_2/Km untuk penggunaan bahan bakar 1,54 liter setara bensin/Km [6]. Namun, baterai maupun FC menghasilkan tegangan yang relatif rendah dengan arus tinggi dan mereka tidak cocok digunakan secara langsung untuk menggerakkan motor pada kendaraan listrik yang membutuhkan tegangan yang tinggi [7]. Untuk mengatasi masalah tersebut dibutuhkan perangkat yang dapat menyesuaikan tegangan baterai agar dapat mencatu daya motor, biasanya digunakanlah DC-DC converter.

DC-DC converter memiliki 4 topologi dasar yaitu *buck*, *boost*, *buck-boost* dan *cuk* [8]. Keempat topologi dasar tersebut memiliki sifat yang berbeda-beda, Converter yang



pertama ialah *Buck converter* yang dapat menghasilkan *output* yang lebih rendah dari pada *inputnya*, yang kedua yaitu *boost converter* yang dapat menghasilkan *output* yang lebih tinggi dari pada *inputnya*, yang ketiga yaitu *buck-boost converter* yang mampu menghasilkan *output* yang lebih tinggi maupun lebih rendah dari pada *inputnya* dan yang keempat yaitu *cuk converter* yang dapat memisahkan bagian *input* dengan bagian *outputnya*.

Diantara keempat topologi dasar tersebut ada 2 jenis DC *converter* yang memiliki sifat yang mungkin bisa digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu *boost converter* dan *buck-boost converter*. Namun, topologi *buck-boost converter* memiliki kemampuan untuk menghasilkan *output* yang lebih rendah dari pada *input* dan ini tidak diperlukan, maka dipilihlah *boost converter* untuk mengatasi permasalahan tersebut karena dapat menghasilkan tegangan *output* untuk disalurkan ke motor yang lebih tinggi dari pada tegangan *input* yaitu baterai. Untuk aplikasi berdaya rendah, *boost converter* digunakan sebagai daya antarmuka elektronik, sedangkan untuk daya tinggi pengaplikasian seperti kendaraan listrik *boost converter* relatif tidak kompatibel karena kemampuan penanganan arusnya yang rendah dan tegangan riaknya yang relatif tinggi sehingga efisiensinya buruk untuk penggunaan daya relatif tinggi [9]. Jika efisiensi pada *converter* kendaraan listrik tidak ditingkatkan maka akan banyak biaya yang terbuang untuk pengisian daya dan waktu yang terbuang karena energi yang digunakan terbuang sia-sia untuk menggerakkan kendaraan listrik [10].

Untuk mengatasi kekurangan dari *boost converter*, diterapkan suatu metode pada *boost converter*, seperti menggunakan metode *extended stage* dan jumlah *stage* yang digunakan adalah 2 *stage*. *Converter* ini menggunakan metode *sliding Mode control* pada pengendalinya. *Converter* tersebut mencapai rasio konversi tegangan tinggi untuk meningkatkan tegangan rendah dari panel PV ke tegangan dc dari grid, sehingga menghasilkan tegangan 380V [11]. Hasilnya metode ini berhasil menaikkan tegangan yang relative tinggi sehingga memungkinkan untuk diterapkan pada kendaraan listrik. Namun metode ini menghubungkan 2 buah *converter* secara seri sehingga mengurangi efisiensi dari keseluruhan system.

Untuk mengatasi kekurangan dari penelitian sebelumnya, menggunakan metode *multilevel* dengan menggunakan diode dan kapasitor tersusun bertingkat. Penelitian ini dilakukan pengujian *outputnya* sehingga menghasilkan tegangan DC yang bervariasi dari rendah hingga tinggi dan teganga tertinggi yang dapat di hasilkan yaitu 202V dengan *duty*



cycle 60% sehingga satu daya dapat meningkatkan kecepatan motor DC pada kendaraan listrik dan hasilnya lebih baik dari pada *boost converter* biasa [12], metode ini berhasil manikin tegangan dan meningkatkan efisiensi dari *boost converter* dengan metode *extended stages* karena menggunakan 1 buah *boost converter* sehingga mengurangi proses konversi daya. Namun menggunakan 1 buah *boost converter* tidak cocok untuk pengaplikasian daya tinggi seperti kendaraan listrik, karena hanya menggunakan 1 buah *boost converter* mengakibatkan penanganan arusnya yang rendah dan tegangan riaknya yang tinggi [13] [9]. Jika dibiarkan maka akan banyak daya yang terbuang sia-sia atau bisa kita sebut juga kurang efisien [14].

Untuk mengatasi kekurangan dari metode *multilevel*, diusulkan menggunakan *interleaved boost converter* dengan 2 fasa di analisa sebagai PFC (*power factor correction*) untuk pengaplikasian daya tinggi. Pada penelitian ini mengakat masalah efek timbal balik yang disebabkan oleh 2 induktor yang digabung dengan 1 inti untuk diterapkan pada *interleaved boost converter*. Analisa dilakukan dengan membandingkan *interleaved boost converter* 2 fasa menggunakan *coupled* induktor, 1 fasa *coupled* induktor, 2 fasa *uncoupled* induktor dan 1 fasa *uncoupled* induktor untuk mengetahui efisiensi dan PF (*power factor*) yang dihasilkan. Pada penelitian ini efisiensi dari *interleaved boost converter* dengan 1 fasa lebih baik dari pada 2 fasa dan PF yang dihasilkan *uncoupled* induktor lebih baik dari pada *coupled* induktor untuk pengaplikasian daya tinggi [15]. Hasilnya *interleaved boost converter* dapat digunakan pada kendaraan listrik dengan kebutuhan daya yang tinggi. Namun *interleaved boost converter* memiliki efisiensi yang buruk untuk pengaplikasian daya rendah disaat rancangannya didesain untuk penggunaan daya tinggi.

Untuk meningkatkan kemampuan *boost converter*, telah dikembangkan menjadi *interleaved boost converter* sehingga memiliki efisiensi yang baik untuk penanganan daya yang tinggi. Tetapi, *interleaved boost converter* memiliki rentang efisiensi yang kurang baik pada rentang 5% sampai 45%. Penelitian ini menggabungkan kemampuan efisiensi daya rendah yang baik pada *boost converter* dan kemampuan efisiensi daya tinggi pada *interleaved boost converter*. Pada penelitian ini dilakukan perancangan *interleaved boost converter* yang dilengkapi rangkaian kontrol dengan skema pensaklaran adaptif. Rangkaian tersebut berfungsi menonaktifkan salah satu induktor pada saat konverter beroperasi pada kondisi daya beban rendah (*light-load*), untuk menjaga konverter tetap bekerja pada mode *continius current mode* (CCM), agar dapat diperoleh suatu sistem *interleaved boost converter* dengan rentang efisiensi yang lebih baik dalam berbagai kondisi pembebanan.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hasil dari penelitian ini yaitu berhasil memperbaiki efisiensi *interleaved boost converter* dengan perbaikan sebesar 12,8 %, sehingga memungkinkan konverter untuk melayani beban yang dinamis dengan rentang efisiensi yang lebih baik. [16]. Namun hanya mematikan sinyal PWM pada salah satu *boost converter* saat kondisi beban rendah dalam mode CCM, dapat membuat tegangan *output* pada salah satu *converter* menjadi lebih rendah. Sehingga saat kedua *output converter* dengan nilai yang berbeda digabungkan maka akan membuat tegangan *output interleaved boost converter* menjadi lebih rendah dari nilai yang seharusnya.

Untuk mengatasi kekurangan dari *boost converter*, *interleaved boost converter* dimodifikasi dalam mode *boost converter* agar efisiensinya meningkat pada penanganan beban rendah. Pada penelitian ini *interleaved boost converter* dikendalikan dengan *switching* adaptif untuk diterapkan pada kendaraan listrik, agar *converter* pada kendaraan listrik dapat bekerja pada penggunaan daya rendah maupun pada daya tinggi. Pada penelitian ini akan dibuat prototype *interleaved boost converter* yang dilengkapi *switching* adaptif, agar dapat mengubah mode *interleaved boost converter* saat penggunaan daya tinggi dan ke mode *boost converter* saat bekerja untuk penggunaan daya rendah dengan cara memutus arus *input* salah satu *converter*, pengujiannya akan dilakukan pembebanan menggunakan *dummy load* sebagai pengganti motor pada kendaraan listrik.

1.2. Rumusan Masalah

Untuk memperjelas arah penelitian ini maka dirumuskanlah permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengatasi masalah rendahnya efisiensi *boost converter* pada saat penggunaan daya yang relatif tinggi ?
2. Seberapa besarkah peningkatan efisiensi yang dihasilkan *boost converter* setelah dimodifikasi dengan *interleaved boost converter* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Agar mengetahui tujuan dari penelitian ini, maka diuraikanlah tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Meningkatkan efisiensi *boost converter* pada penggunaan daya yang relatif tinggi.
2. Menganalisa seberapa besarkah peningkatan yang dihasilkan *boost converter* setelah dimodifikasi dengan *interleaved boost converter*.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :



1. Meningkatkan efisiensi *boost converter*
 2. Mengembangkan penelitian tentang kendaraan listrik di fakultas sains dan teknologi di UIN SUSKA
 3. Menjadi referensi bagi peneliti berikutnya
 4. Menambah sumber literasi di UIN SUSKA
- 1.5. Batasan Masalah**
- Agar tujuan dari penelitian ini tercapai penelitian ini dibatasi sebagai berikut :
1. Tidak menggunakan algoritma pengendalian cerdas dalam prototype ini
 2. Berfokus pada *interleaved boost converter*
 3. Beban hanya berupa *dummy load*
 4. Daya maksimum yang rancang sebesar 150W
 5. Parameter yang akan diukur adalah tegangan, arus dan efisiensi
 6. Sumber daya yang digunakan berupa *power supply* sebagai pengganti baterai
 7. *Power supply* yang digunakan berkapasitas 5A
1. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
- a. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - b. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - c. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Untuk aplikasi berdaya rendah, *boost converter* digunakan sebagai daya antarmuka elektronik, sedangkan untuk daya tinggi pengaplikasian seperti kendaraan listrik *boost converter* relatif tidak kompatibel karena kemampuan penanganan arusnya yang rendah dan tegangan riaknya yang relatif tinggi sehingga efisiensinya buruk untuk penggunaan daya relatif tinggi [9]. Jika efisiensi pada *converter* kendaraan listrik tidak ditingkatkan maka akan banyak biaya yang terbuang untuk pengisian daya dan waktu yang terbuang karena energi yang digunakan terbuang sia-sia untuk menggerakkan kendaraan listrik [10].

Untuk mengatasi kekurangan dari *boost converter*, diterapkan suatu metode pada *boost converter*, seperti menggunakan metode *extended stage* dan jumlah *stage* yang digunakan adalah 2 *stage*. *Converter* ini menggunakan metode *sliding Mode control* pada pengendalinya. *Converter* tersebut mencapai rasio konversi tegangan tinggi untuk meningkatkan tegangan rendah dari panel PV ke tegangan dc dari grid, sehingga menghasilkan tegangan 380V [11]. Hasilnya metode ini berhasil menaikkan tegangan yang relative tinggi sehingga memungkinkan untuk diterapkan pada kendaraan listrik. Namun metode ini menghubungkan 2 buah *converter* secara seri sehingga mengurangi efisiensi dari keseluruhan system.

Untuk mengatasi kekurangan dari penelitian sebelumnya, menggunakan metode *multilevel* dengan menggunakan diode dan kapasitor tersusun bertingkat. Penelitian ini dilakukan pengujian *outputnya* sehingga menghasilkan tegangan DC yang bervariasi dari rendah hingga tinggi dan tegangan tertinggi yang dapat dihasilkan yaitu 202V dengan *duty cycle* 60% sehingga catu daya dapat meningkatkan kecepatan motor DC pada kendaraan listrik dan hasilnya lebih baik dari pada *boost converter* biasa [12]. Hasilnya metode ini berhasil manikin tegangan dan meningkatkan efisiensi dari *boost converter* dengan metode *extended stages* karena menggunakan 1 buah *boost converter* sehingga mengurangi proses konversi daya. Namun menggunakan 1 buah *boost converter* tidak cocok untuk pengaplikasian daya tinggi seperti kendaraan listrik, karena hanya menggunakan 1 buah *boost converter* mengakibatkan penanganan arusnya yang rendah dan tegangan riaknya yang tinggi [13] [9]. Jika dibiarkan maka akan banyak daya yang terbuang sia-sia atau bisa kita sebut juga kurang efisien [14].

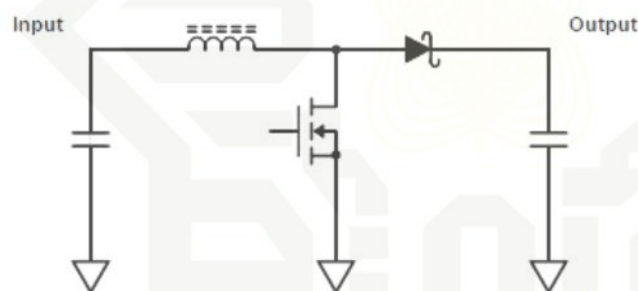
Untuk mengatasi kekurangan dari metode *multilevel*, diusulkan menggunakan *interleaved boost converter* dengan 2 fasa di analisa sebagai PFC (*power factor correction*) untuk pengaplikasian daya tinggi. Pada penelitian ini mengikat masalah efek timbal balik yang disebabkan oleh 2 induktor yang digabung dengan 1 inti untuk diterapkan pada *interleaved boost converter*. Analisa dilakukan dengan membandingkan *interleaved boost converter* 2 fasa menggunakan *coupled* induktor, 1 fasa *coupled* induktor, 2 fasa *uncoupled* induktor dan 1 fasa *uncoupled* induktor untuk mengetahui efisiensi dan PF (*power factor*) yang dihasilkan. Pada penelitian ini efisiensi dari *interleaved boost converter* dengan 1 fasa lebih baik dari pada 2 fasa dan PF yang dihasilkan *uncoupled* induktor lebih baik dari pada *coupled* induktor untuk pengaplikasian daya tinggi [15]. Hasilnya *interleaved boost converter* dapat digunakan pada kendaraan listrik dengan kebutuhan daya yang tinggi. Namun *interleaved boost converter* memiliki efisiensi yang buruk untuk pengaplikasian daya rendah disaat rancangannya didesain untuk penggunaan daya tinggi.

Untuk meningkatkan kemampuan *boost converter*, telah dikembangkan menjadi *interleaved boost converter* sehingga memiliki efisiensi yang baik untuk penanganan daya yang tinggi. Tetapi, *interleaved boost converter* memiliki rentang efisiensi yang kurang baik pada rentang 5% sampai 45%. Penelitian ini menggabungkan kemampuan efisiensi daya rendah yang baik pada *boost converter* dan kemampuan efisiensi daya tinggi pada *interleaved boost converter*. Pada penelitian ini dilakukan perancangan *interleaved boost converter* yang dilengkapi rangkaian kontrol dengan skema pensaklaran adaptif. Rangkaian tersebut berfungsi menonaktifkan salah satu induktor pada saat konverter beroperasi pada kondisi daya beban rendah (*light-load*), untuk menjaga konverter tetap bekerja pada mode *continuous current mode* (CCM), agar dapat diperoleh suatu sistem *interleaved boost converter* dengan rentang efisiensi yang lebih baik dalam berbagai kondisi pembebanan. Hasil dari penelitian ini yaitu berhasil memperbaiki efisiensi *interleaved boost converter* dengan perbaikan sebesar 12,8 %, sehingga memungkinkan konverter untuk melayani beban yang dinamis dengan rentang efisiensi yang lebih baik. [16]. Namun hanya mematikan sinyal PWM pada salah satu *boost converter* saat kondisi beban rendah dalam mode CCM, dapat membuat tegangan *output* pada salah satu *converter* menjadi lebih rendah. Sehingga saat kedua *output converter* dengan nilai yang berbeda digabungkan maka akan membuat tegangan *output interleaved boost converter* menjadi lebih rendah dari nilai yang seharusnya.

Untuk mengatasi permasalahan turunnya tegangan *output*, *interleaved boost converter* dimodifikasi dalam mode DCM pada penanganan beban rendah. Pada penelitian ini *interleaved boost converter* dikendalikan dengan *switching* adaptif untuk diterapkan pada kendaraan listrik, agar *converter* pada kendaraan listrik dapat bekerja pada penggunaan daya rendah maupun pada daya tinggi. Pada penelitian ini akan dibuat prototype *interleaved boost converter* yang dilengkapi *switching* adaptif agar dapat mengubah mode CCM dari *interleaved boost converter* untuk penggunaan daya tinggi ke mode DCM dari *boost converter* saat bekerja untuk penggunaan daya rendah dengan memutus arus *output* salah satu *converter*, pengujiannya akan dilakukan pembebanan menggunakan *dummy load* sebagai pengganti motor pada kendaraan listrik.

2.2. Boost Converter

Boost converter merupakan konverter DC-DC yang berfungsi untuk menaikkan tegangan [17]. Terdiri dari 4 komponen utama yaitu induktor, transistor, dioda dan kapasitor seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Rangkaian *Boost Converter*

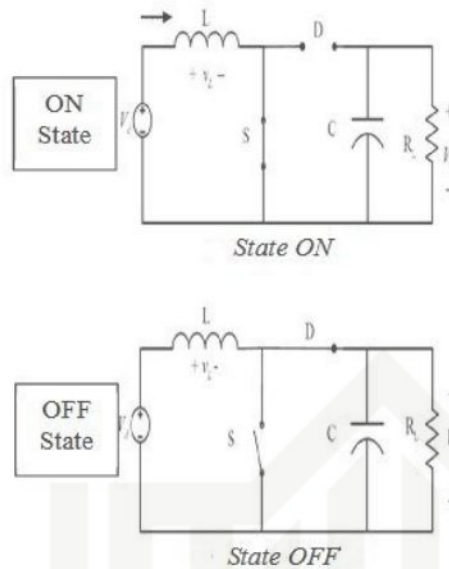
Boost converter menaikkan tegangan DC menggunakan prinsip switch duration (ton dan toff switch). Pada saat switch MOSFET dalam kondisi tertutup (ton), arus mengalir ke induktor sehingga menyebabkan kenaikan energi yang tersimpan di induktor. Saat saklar MOSFET terbuka (toff), arus induktor ini akan menuju beban melewati dioda sehingga penurunan energi yang tersimpan di induktor. Jika kita lihat pada gambar berikut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.2. Kondisi State ON Dan State OFF *Boost Converter*

2.2.1. Keadaan State ON

Ketika berada dalam keadaan *state ON*, *switch* berada dalam keadaan tertutup (konduksi), dioda dalam keadaan *reverse bias* dan besar arus induktor akan menjadi sama dengan arus masukan. Begitu juga dengan tegangan induktor juga akan menjadi sama besarnya dengan tegangan masukan. saat *state ON*, induktor akan menyimpan energi. Waktu saat *switch* dalam keadaan *state ON* disebut DT [18].

Saat saklar dalam kondisi selama DT,

$$V_L = V_d$$

$$V_d = L \frac{di}{dt}$$

$$\frac{V_d}{L} = \frac{di}{dt}$$

$$\Delta I_L(\text{tertutup}) = \frac{V_d \cdot D \cdot t}{L} \quad (2.1)$$

2.2.2. State OFF

Ketika berada dalam keadaan *state OFF*, *switch* berada dalam keadaan terbuka, arus induktor mengalir melewati dioda menuju beban, sehingga energi yang tersimpan di induktor langsung berkurang. Pada keadaan *state OFF* beban akan disuplai oleh sumber tegangan dan juga induktor induktor yang sedang melepaskan energinya. Kondisi menyebabkan tegangan *output* menjadi lebih besar dari pada tegangan *input* pada saat kondisi *state OFF* dan keadaan ini disebut $(1-D)T$. Rasio antara tegangan *output* dan tegangan *input* pada *boost converter* sebanding dengan rasio antara periode *state ON* dan *state OFF* [18].

Saat *state OFF* pada waktu $(1-D)T$,

$$V_1 = V_d - V_o$$

$$V_d = L \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{V_d - V_o}{L} = \frac{dI}{dt}$$

$$\Delta I_L(\text{terbuka}) = \frac{(V_d - V_o) \cdot (1-D)T}{L} \quad (2.2)$$

Untuk kondisi *steady state*, perubahan pada di arus induktor harus nol,

$$\Delta I_L(\text{tertutup}) + \Delta I_L(\text{terbuka}) = 0$$

$$\frac{V_d \cdot Dt}{L} + \frac{(V_d - V_o) \cdot (1-D)T}{L} = 0$$

$$D = \frac{V_o}{V_d}$$

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{(1-D)} \quad (2.3)$$

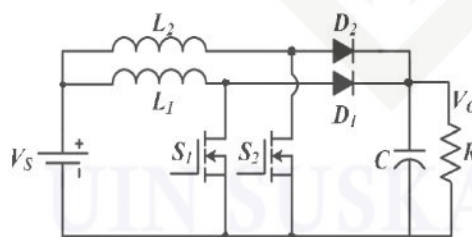
V_{out} = Tegangan output

V_{in} = Tegangan input

D = Duty cycle

2.3. Interleaved Boost Converter

Interleaved boost converter merupakan pengembangan dari *boost converter* yang terdiri dari dua atau lebih buah *boost converter* yang terhubung secara paralel, untuk *interleaved boost converter* yang menggunakan 2 *boost converter* maka dikontrol oleh dua sinyal [19].



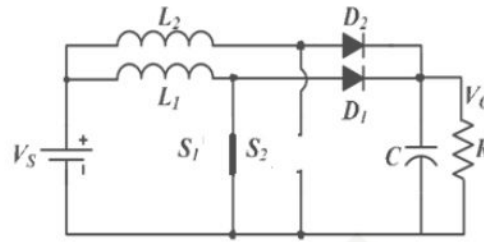
Gambar 2.3. Rangkaian *Interleaved Boost Converter*

2.3.1. Prinsip Kerja *Interleaved Boost Converter*

Rangkaian *Interleaved Boost Converter* dianalisis pada saat *switch* terbuka dan saat *switch* tertutup. Pada *Interleaved Boost Converter*, analisis dilakukan pada keadaan *steady state*. Ada empat kondisi dalam satu periode pada *duty cycle* $D = 50\%$ [19].

a. Mode Operasi Pertama

Kondisi pertama dimulai saat *switch* S1 tertutup dan *switch* S2 terbuka. Kondisi pertama seperti digambarkan oleh gambar berikut ini.



Gambar 2.4. *Interleaved Boost Converter* S1 Aktif Dan S2 Non-Aktif

Pada kondisi ini, dioda D1 akan mengalami *reversed biased* di saat dioda D2 mengalami *forward biased*. karena itu, induktor L1 mengalami *charge*, dan induktor L2 mengalami *discharge*. Pada saat *switch* S1 tertutup, induktor akan terhubung langsung dengan tegangan sumber. Karena semua arus mengalir ke negatif melalui *switch*, maka arus pada beban R dapat diabaikan. Tegangan *output* V_{out} menjadi bernilai nol selama proses *charge* berlangsung. Persamaan dapat dituliskan dalam persamaan berikut.

$$V_{out} = V_{L1}(\text{Tertutup})$$

$$V_{out} = L1 \frac{\Delta I_{L1}(\text{Tertutup})}{\Delta T_{on}}$$

$$\Delta I_{L1}(\text{tertutup}) = \frac{(V_{in}) \cdot (\Delta T_{on})}{L1}$$

Karena $\Delta t_{on} = DT$, maka persamaannya dapat diubah menjadi seperti persamaan berikut.

$$\Delta I_{L1}(\text{tertutup}) = \frac{(V_{in})}{L1} DT \quad (2.4)$$

Pada saat *switch* S2 terbuka, induktor 2 akan mengalami *discharge*. Tegangan sumber akan terhubung secara seri terhadap induktor dan beban. Induktor yang semula dalam mode *charge* arus akan berubah menjadi mode *discharge* arus. Pada kondisi ini, induktor menjadi sumber arus atau sumber tegangan, sedangkan resistor menjadi beban. Persamaannya dapat dituliskan oleh persamaan berikut.

$$V_{L1} = V_{L2} + V_{out}$$

$$V_{in} = L2 \frac{\Delta I_{L2}(\text{Terbuka})}{\Delta T_{off}} + V_{out}$$

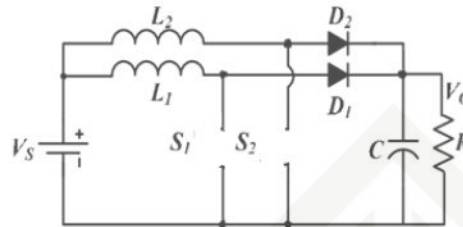
$$\Delta I_{L2}(\text{Terbuka}) = \frac{(V_{in} - V_{out}) \cdot \Delta T_{off}}{L2}$$

Karena $\Delta T_{off} = (1 - D)T$, maka persamaannya dapat diubah menjadi seperti persamaan berikut.

$$\Delta IL2(Terbuka) = \frac{(V_{in}-V_{out})}{L2} (1-D)T \quad (2.5)$$

Mode Operasi 2

Pada kondisi kedua, kedua *switch* S1 dan *switch* S2 dalam keadaan terbuka. Skema rangkaian pada kondisi kedua akan digambarkan sebagai berikut.



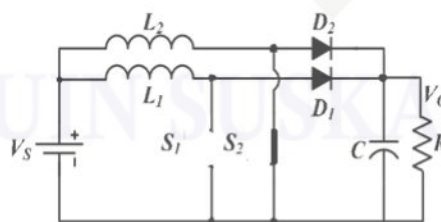
Gambar 2.5. *Interleaved Boost Converter* S1 Non-Aktif Dan S2 Non-Aktif

Pada kondisi ini, kedua dioda akan mengalami *forward biases*. karena itu, kedua induktor L1 dan L2 akan mengalami *discharge* dan menyuplai energi ke beban. Sehingga menyebabkan berkurangnya arus induktor. Tegangan sumber terhubung secara seri oleh kedua induktor dan beban. Sehingga persamaan matematisnya dapat dituliskan pada persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V_{L1}(Terbuka) &= V_{L2}(Terbuka) = V_{in} - V_{out} \\ L_{1,2} \frac{\Delta IL_{1,2}(Terbuka)}{\Delta T_{off}} &= V_{in} - V_{out} \\ \frac{\Delta IL_{1,2}(Terbuka)}{\Delta T_{off}} &= \frac{V_{in}-V_{out}}{L_{1,2}} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Mode Operasi 3

Pada kondisi ketiga, *switch* S1 terbuka sedangkan *switch* S2 tertutup. Skema pada mode operasi 3 dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.6. *Interleaved Boost Converter* S1 Non-Aktif Dan S2 Aktif

(Sumber : Pratama 2014)

Pada kondisi ini, dioda D1 akan mengalami *forward biased* di saat dioda D2 mengalami *reversed biased*. Sehingga induktor L2 mengalami *charge* dan induktor L1 mengalami *discharge*. Pada saat *switch* S2 tertutup, induktor akan terhubung langsung

dengan tegangan sumber. Karena semua arus mengalir ke negatif melalui *switch*, maka arus ke beban R dapat diabaikan. Tegangan *output* V_{out} akan bernilai nol selama proses *charge* berlangsung. Persamaan matematisnya dapat dituliskan dalam persamaan berikut.

$$V_{in} = VL2(Tertutup)$$

$$V_{in} = L2 \frac{\Delta IL2(Tertutup)}{\Delta T_{on}}$$

$$\Delta IL2(Tertutup) = \frac{(V_{in}).(\Delta T_{on})}{L2}$$

Karena $\Delta t_{on}=DT$, maka persamaannya dapat diubah menjadi seperti persamaan berikut.

$$\Delta IL2(Tertutup) = \frac{(V_{in})}{L2} DT \quad (2.7)$$

Pada saat *switch* S_1 terbuka, induktor L_1 akan mengalami *discharge*. Tegangan sumber akan terhubung secara seri terhadap induktor dan beban. Induktor yang semula dalam mode *charge* arus akan berubah menjadi mode *discharge* arus. Pada kondisi ini, induktor menjadi sumber arus atau sumber tegangan, sedangkan *resistor* menjadi beban. Persamaan matematisnya dapat dituliskan oleh persamaan berikut.

$$V_{in} = VL1 + V_{out}$$

$$V_{in} = L1 \frac{\Delta IL1(Terbuka)}{\Delta T_{off}} + V_{out}$$

$$\frac{\Delta IL1(Terbuka)}{\Delta T_{off}} = V_{in} - V_{out}$$

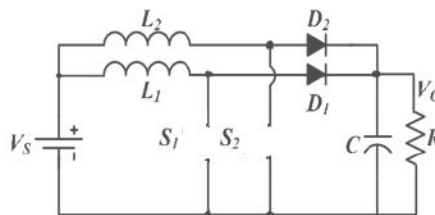
$$\Delta IL1(Terbuka) = \frac{(V_{in}-V_{out}).(\Delta T_{off})}{L1}$$

Karena $\Delta T_{off} = (1 - D)T$, maka persamaannya dapat diubah menjadi seperti persamaan berikut.

$$\Delta IL1(Terbuka) = \frac{(V_{in}-V_{out})}{L1} (1 - D)T \quad (2.8)$$

d. Mode Operasi 4

Kondisi keempat sama seperti pada kondisi kedua. Pada kondisi keempat, kedua *switch* S_1 dan S_2 dalam keadaan terbuka. kondisi keempat akan digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.7. Interleaved Boost Converter S_1 Non-Aktif Dan S_2 Non-Aktif



Pada kondisi ini, di kedua dioda mengalami *forward biases*. karena itu, kedua induktor L1 dan L2 mengalami *discharge* dan menyuplai energi ke beban yang akan menyebabkan berkurangnya arus induktor. Tegangan sumber menjadi terhubung secara seri dengan kedua induktor dan beban. Sehingga persamaan matematisnya menjadi seperti berikut.

$$VL1(Terbuka) = VL2(Terbuka) = Vin - Vout$$

$$L1,2 \frac{\Delta IL1,2(Terbuka)}{\Delta Toff} = Vin - Vout$$

$$\frac{\Delta IL1,2(Terbuka)}{\Delta Toff} = \frac{Vin - Vout}{L1,2}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.4.) dan (2.5.), maka akan dihasilkan persamaan berikut.

$$Vin - \frac{Vin \times Ton}{Toff} = Vout$$

$$Vin \times (1 - \frac{Ton}{Toff}) = Vout$$

Dari persamaan yang sebelumnya, dapat diketahui bahwa $T = ton + toff$ dan $toff = (1-D)T$, maka persamaan ini dapat diubah menjadi persamaan sebagai berikut.

$$Vout = Vin \times (1 - \frac{1}{(1-D)}) \quad (2.9)$$

Sehingga untuk mencari nilai *duty cycle* (D), dapat dicari sebagai berikut.

$$(1 - D) \times Vout = Vin$$

$$1 - D = \frac{Vin}{Vout}$$

$$D = 1 - \frac{Vin}{Vout} \quad (2.10)$$

2.4. Penentuan Nilai Induktor dan Kapasitor

Berdasarkan analisis prinsip kerja yang telah dijelaskan sebelumnya, nilai induktor dan kapasitor dapat dicari dengan persamaan berikut.

2.4.1. Induktor

Kedua buah induktor yang ada pada *Interleaved Boost Converter* memiliki nilai induktansi yang sama. Pada salah satu kondisi yang telah dijelaskan sebelumnya, Nilai induktansi tersebut dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut [19].

$$\Delta IL1(Tertutup) = \frac{(Vin)}{L1} (DT)$$

$$L1 = \frac{(Vin)}{\Delta IL1(Tertutup)} (DT)$$

$$L1 = \frac{Vin \times D}{\Delta IL1 \times f} \quad (2.11)$$



Dari persamaan tersebut, dalam mencari nilai induktor terdapat unsur ΔIL yang harus dicari terlebih dahulu. Unsur ΔIL merupakan *ripple* arus atau arus riak yang mengalir melalui induktor. Nilai ΔIL dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut.

$$\Delta IL = \text{Estimasi Nilai ripple}(\%) \times IL \quad (2.12)$$

Nilai *ripple* arus yang melalui induktor dapat dicari dengan mengali estimasi persentase dari nilai *ripple* dengan arus yang mengalir pada inductor IL . Dimana estimasi persentase nilai *ripple* dapat ditentukan sendiri. Biasanya besar nilai persentase *ripple* arus dalam rentang 20% - 40%. Sedangkan IL dapat dicari dengan menggubakan persamaan sebagai berikut.

$$IL = \frac{V_{out}}{V_{in}} \times \frac{I_{out}}{2} \quad (2.13)$$

2.4.2. Kapasitor

Dari analisis yang dilakukan pada *Interleaved Boost Converter*, dapat dilihat bahwa *output* kapasitor diparalel dengan beban. karena itu, tegangan yang ada pada kapasitor sama dengan tegangan *output converter*. Nilai dari kapasitor keluaran dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [19].

$$\begin{aligned} V_c &= V_{out} \\ V_c &= \frac{1}{C} \int Idt \\ \frac{dV_c}{dt} &= \frac{1}{C} \times I \\ \frac{\Delta V_{out}}{\Delta T_{on}} &= \frac{I_{out}}{C} \\ \frac{\Delta V_{out}}{DT} &= \frac{I_{out}}{C} \\ \frac{\Delta V_{out}}{\frac{D}{f}} &= \frac{I_{out}}{C} \\ C &= \frac{I_{out} \times D}{\Delta V_{out} \times f} \end{aligned} \quad (2.14)$$

Sebelum mencari nilai dari kapasitor, dibutuhkan nilai ΔV_{out} yang harus dicari terlebih dahulu. Untuk mencari nilai ΔV_{out} , digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\Delta V_{out} = \text{Estimasi Nilai ripple}(\%) \times V_{out} \quad (2.15)$$

2.5. Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan suatu cara untuk mengatur tegangan dengan cara mengubah lama periode *on* (ton) pada tegangan pulsa dengan periode frekuensi yang tetap. Siklus kerja ini dihasilkan dari perbandingan antara lamanya pulsa

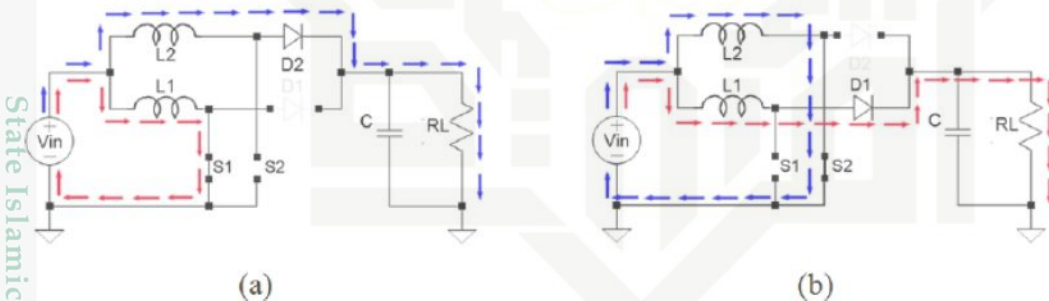
maksimum (ton) dengan lamanya pulsa minimum (toff). hal ini yang biasa dikenal dengan istilah *duty cycle* (D). *Duty cycle* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$D = \frac{T_{on}}{T} \times 100\% \quad (2.16)$$

2.5.1. Continuous Conduction Mode (CCM)

Pada mode CCM, arus induktor pada setiap periode *switching* selalu lebih besar dari nol dan tidak akan pernah menjadi ke nol dalam setiap periode *switching*, sehingga rata-rata arus pada induktor akan selalu lebih besar dari pada separuh nilai puncak arus *ripple* [20]. Saat dalam mode CCM *interleaved boost converter* bekerja sebagai berikut.

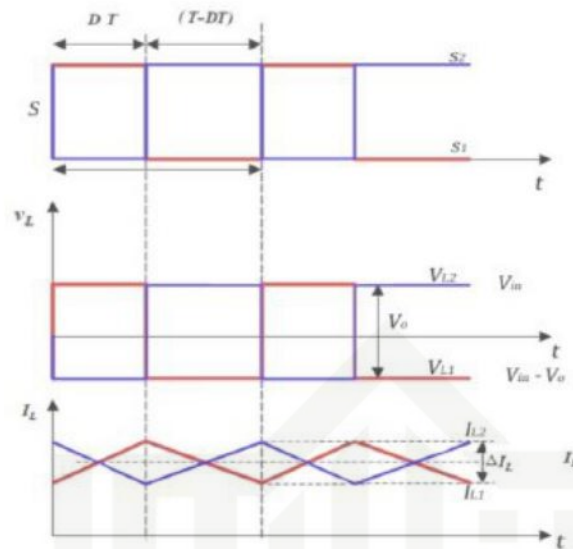
1. Ketika *switch* S1 dalam keadaan tertutup, dioda D1 *reverse bias* sehingga terjadi pengisian energi pada induktor L1, disaat yang sama *switch* S2 terbuka, induktor L2 berada dalam kondisi *idle* dan dioda D2 *reverse bias* seperti yang ditunjukkan pada gambar (a).
2. Kemudian *switch* S1 terbuka, dioda D1 *forward bias* sehingga energi yang tersimpan di dalam induktor L1 akan mengalir ke beban RL, disaat yang sama *switch* S2 tertutup dan dioda D2 *reverse bias*, sehingga terjadi pengisian energi pada induktor L2 seperti yang terlihat pada gambar (b).



Gambar 2.8. Tahap 1(a) Dan Tahap 2(b)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

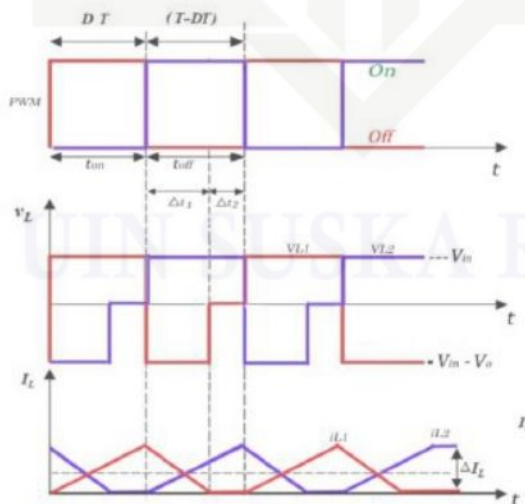
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.9. Bentuk Gelombang Ideal *Interleaved Boost Converter* Mode CCM

2.5.2. Discontinuous Conduction Mode (DCM)

Pada mode DCM arus induktor akan jatuh ke nol saat kondisi *switch* terbuka (*toff*) pada setiap periode *switching*, sehingga terjadi perubahan periode waktu $\Delta t_{1,2}$ yang menyebabkan energi pada induktor akan habis sebelum satu periode *switching* berakhir. Bentuk gelombang *interleaved boost converter* pada mode DCM ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.10. Bentuk Gelombang Ideal *Interleaved Boost Converter* Mode DCM

2.6. Efisiensi Konversi Daya

Efisiensi adalah penilaian seberapa baik waktu dan upaya digunakan untuk menyelesaikan tugas tertentu. Jika tugas itu adalah konversi satu bentuk energi ke energi yang lain, efisiensi konversi menunjukkan seberapa baik konversi daya diterapkan. Untuk proses konversi daya listrik, efisiensi diukur cukup dengan membagi daya *output* dalam satuan watt dengan daya *input* dalam satuan watt dan dinyatakan sebagai persentase. Dalam elektronika daya, huruf Yunani eta (η) digunakan untuk mewakili efisiensi [10].

Proses konversi daya listrik yang sempurna akan memiliki efisiensi 100 persen. Namun, mencapai efisiensi 100 persen itu tidak mungkin, karena semua elektronik kehidupan nyata kehilangan energi sebagai panas. Beberapa daya *input* digunakan untuk konversi daya proses itu sendiri, sehingga sebagian daya *input* tidak digunakan untuk menghasilkan *output*. Akibatnya, efisiensinya harus kurang dari 100 persen [10].

$$\eta = \frac{\text{Daya Output}}{\text{Daya Input}} \times 100\% \quad (2.17)$$

$$P = V \times I \quad (2.18)$$

$$P_{in} = P_{out} \quad (2.19)$$

$$V_{in} \times I_{in} = V_{out} \times I_{out} \quad (2.20)$$

2.6.1. Pentingnya Efisiensi Konversi Daya

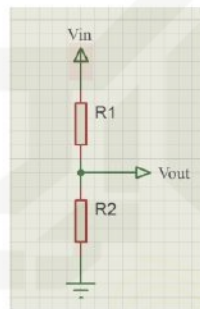
Semakin tinggi efisiensi proses konversi daya, semakin sedikit daya yang terbuang. Kekuatan yang terbuang memiliki banyak biaya seperti uang, karena kita membayar energi yang dikonsumsi dalam jangka waktu tertentu, karena kita harus mengisi ulang perangkat yang dioperasikan dengan baterai lebih sering sesuai ukuran produk, sebagai panas yang dihasilkan oleh tenaga yang terbuang harus dibuang dengan benar dan polusi lingkungan yang dihasilkan, karena lebih banyak energi harus dihasilkan untuk mendukung kekuatan yang terbuang [10].

2.7. Sensor

Sensor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi besaran listrik berupa tegangan, resistansi dan arus listrik. [21]. Beberapa sensor dibuat menggunakan komponen dengan teknik dan rumus tertentu agar dapat digunakan sebagai sensor seperti *voltage divider* dimana sensor ini menggunakan beberapa resistor agar menjadi sensor tegangan dan ada juga sensor yang sudah dikemas dalam bentuk IC seperti sensor arus ACS712.

2.8. Voltage Divider

Voltage divider merupakan sebuah rangkaian yang disusun secara seri dan terhubung ke sumber tegangan sehingga didapatkan nilai tegangan yang diinginkan sesuai perbandingan antara nilai resistor yang di pasang secara seri tersebut. Umumnya *voltage divider* digunakan sebagai rangkaian sensor. Ada banyak sensor yang menggunakan prinsip *voltage divider* sebagai sensor yaitu potensiometer sebagai sensor perpindahan, LDR sebagai sensor cahaya, dan *voltage divider* digunakan sebagai sensor tegangan dan dihitung berdasarkan hukum Ohm [21].



Gambar 2.11. Rangkaian *Voltage Divider*

Rumus yang digunakan pada rangkaian *voltage divider* adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.21)$$

V_{out} = Tegangan *output*

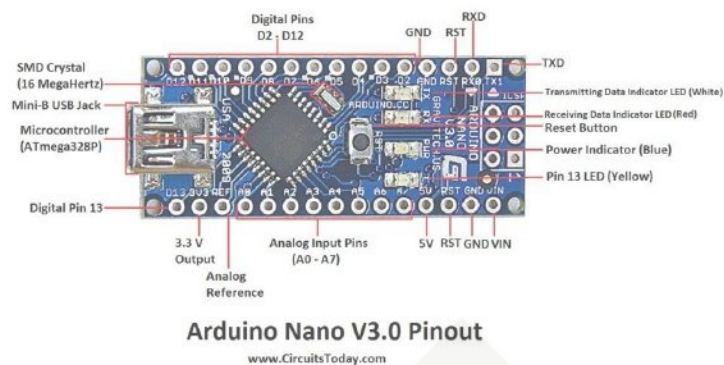
V_{in} = Tegangan *input*

R_1 = Nilai tahanan R_1

R_2 = Nilai tahanan R_2

2.9. Arduino

Arduino adalah sebuah platform mikroontroler yang menggunakan *chip* dari perusahaan ATMEL. Arduino dapat bebas di gunakan oleh siapa saja, mulai dari *hardware* dan juga *software*nya yang bersifat *open source*. Semua orang bisa bebas meniru gambar rangkaian arduino, membeli komponen-komponennya, membuat PCB-nya dan merangkainya sendiri tanpa harus membayar kepada para pembuat Arduino. Arduino merupakan kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE). IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, *dicompile* menjadi kode biner dan *diupload* ke dalam penyimpanan mikrokontroler.



Gambar 2.12 Pin Arduino Nano

Tabel 2.1. Spesifikasi Arduino Nano

Spesifikasi Arduino Nano 328p	
Mikrokontroler	Atmega328p
Tegangan kerja	5 Volt
Tegangan <i>input</i>	Optimal : 7 – 12 Volt
Digital pin I/O	14 pin
Analog pin	A0 - A7
Arus maksimum	40 Ma
Flash memori	32 Mbyte
SRAM	2 kbyte
EEPROM	1 kbyte
Kecepatan clock	16 MHz
Ukuran <i>Board</i>	4,5 mm x 18 mm
Berat	5 gram

Arduino nano mempunyai 14 pin *digital* yang dapat digunakan sebagai pin *input* atau *output*. Pin ini akan mengeluarkan tegangan 5v untuk mode *high* (logika 1) dan 0v untuk mode *low* (logika 0) jika dikonfigurasi sebagai pin *output*. Jika di konfigurasi sebagai pin *input*, maka ke 14 pin ini dapat menerima tegangan 5v untuk mode *high* (logika 1) dan 0v untuk mode *low* (logika 0). Besar arus listrik yang diijinkan untuk melewati pin *digital* i/o adalah 40 ma. Pin *digital* i/o ini juga sudah dilengkapi dengan resistor pull-up sebesar 20-50 kΩ. Ke 14 pin *digital* i/o ini selain berfungsi sebagai pin i/o juga mempunyai fungsi khusus yaitu :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Pin d0 dan pin d1 dapat juga berfungsi sebagai pin tx dan rx untuk melakukan komunikasi data serial. Kedua pin ini terhubung langsung ke pin ic FTDI USB-TTL.
2. Pin d2 dan pin d3 dapat juga berfungsi sebagai pin untuk interupsi eksternal. Kedua pin ini dapat dikonfigurasi untuk pemicu interupsi dari sumber eksternal. Interupsi dapat terjadi ketika timbul kenaikan atau penurunan tegangan pada pin d2 atau pin d3.
3. Pin d4, pin d5, pin d6, pin d9, pin d10 dan pin d11 juga dapat digunakan sebagai pin PWM (*pulse width modulator*).
4. Pin d10, pin d11, pin d12 dan pin d13, ke empat pin ini juga dapat digunakan untuk komunikasi mode spi. Pin d13 terhubung ke sebuah led.
5. Arduino nano dilengkapi dengan 8 buah pin *analog*, yaitu pin a0, a1, a2, a3, a4, a5, a6 dan a7. Pin *analog* ini terhubung ke adc (*analog to digital converter*) internal yang terdapat di dalam mikrokontroler. Pada kondisi awal, pin *analog* ini dapat mengukur variasi tegangan dari 0v sampai 5 v pada arus searah dengan besar arus 40 ma.
6. Pin *analog* selain dapat digunakan untuk *input data analog*, juga dapat digunakan sebagai pin *digital i/o*, kecuali pin a6 dan a7 yang hanya dapat digunakan untuk *input data analog* saja.
7. Pin aref digunakan sebagai pin tegangan referensi dari luar untuk mengubah *range* adc.
8. Pin *reset*, pin ini digunakan untuk mereset *board* arduino nano, yaitu dengan menghubungkan pin ini ke *ground* selama beberapa milidetik. *Board* arduino nano selain dapat direset melalui pin *reset*, juga dapat direset dengan menggunakan tombol *reset* yang terpasang pada *board* arduino nano.

2.9. Dummy Load

Untuk menguji performansi dari *converter*, pada penelitian ini *converter* akan dihubungkan dengan beban pengganti atau bisa disebut juga *dummy load* yang berfungsi sebagai beban pengganti yang mewakili berbagai jenis pembebanan yang akan diterima oleh *converter*. Karena *output* yang dihasilkan oleh *converter* pada penelitian ini berupa tegangan DC, maka *dummy load* akan dirancang berdasarkan hukum Ohm pada rangkaian *loop* tertutup [22].

$$V = I \times R \quad (2.22)$$

V = Tegangan
 I = Arus
 R = Tahanan / Beban

Sehingga untuk mencari besar *dummy load* digunakan V dan I pada persamaan 2.21 agar dapat mencari nilai R .

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.23)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

1. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
2. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

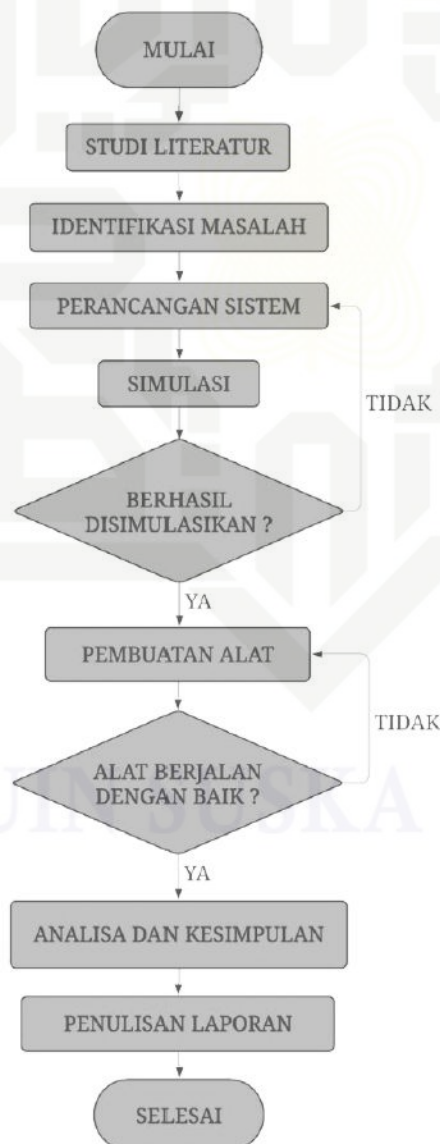
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian adalah kuantitatif. Dimana, penelitian kuantitatif adalah sebuah metodologi yang digunakan untuk pengambilan dan pengolahan data berdasarkan variabel yang ada. Penelitian kuantitatif ini dilakukan dengan melakukan eksperimen terhadap variabel masukan untuk menganalisis bagaimana hasil yang akan didapatkan nantinya. Variabel *output* yang dihasilkan akan dibandingkan dengan *output* perangkat yang memiliki kesamaan fungsinya tanpa adanya pengontrolan variabel.

3.2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2.1. Studi Literatur

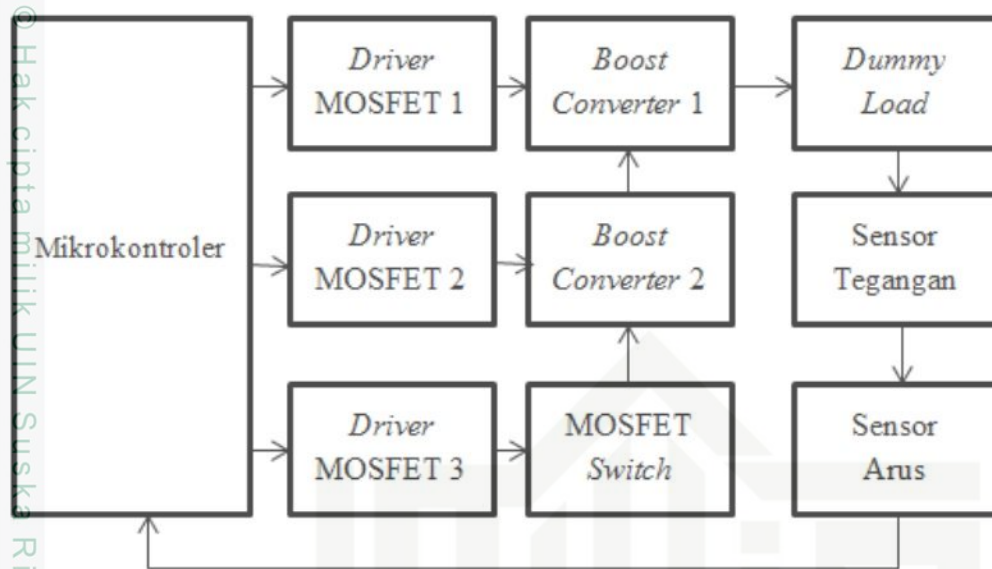
Pada tahap ini dilakukan pencarian berbagai macam jurnal yang membahas mengenai kendaraan listrik, mulai dari definisinya, penelitian apa saja yang sudah dilakukan sebelumnya, mengidentifikasi permasalahan yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya, metode apa yang mereka gunakan dan hasil apa saja yang sudah dicapai oleh peneliti sebelumnya. Referensi lain juga dicari seperti buku-buku yang membahas mengenai polusi, kendaraan listrik, sistem didalam kendaraan listrik dan bagian-bagian penyusun lainnya yang ada dalam mobil listrik.

3.2.2. Identifikasi Masalah

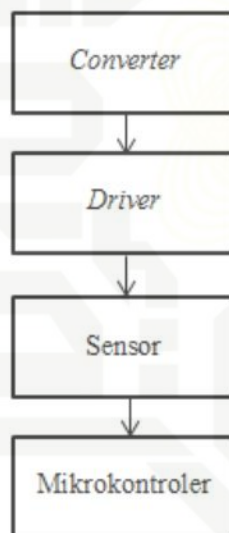
Pada penelitian ini dilakukan *review* terhadap jurnal-jurnal pada penelitian sebelumnya. Mulai dari mencari permasalahan umum yang dibahas dalam jurnal, pentingnya permasalahan umum untuk diselesaikan, membaca solusi yang ditawarkan, mencari permasalahan spesifik, membaca alasan solusi yang ditawarkan, melihat metode yang digunakan, melihat hasil yang telah dituliskan dalam jurnal dan mengkritisi kelebihan ataupun kekurangan dari penelitian sebelumnya, sehingga permasalahan baru dapat ditemukan. Setelah ditemukannya kekurangan dari penelitian sebelumnya, kemudian menawarkan solusi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

3.2.3. Perancangan Sistem

Sistem yang akan dibuat terdiri dari sebuah mikrokontroler, 3 buah *driver* MOSFET, 2 buah *boost converter*, sebuah MOSFET *switch*, *dummy load*, sensor tegangan dan sensor arus. Mikrokontroler digunakan untuk memberikan sinyal PWM, mengganti kondisi MOSFET *switch* dan membaca sensor. 3 buah *driver* MOSFET digunakan sebagai perantara mikrokontroler dengan *boost converter* dan MOSFET *switch*. MOSFET *switch* adalah sebuah MOSFET yang digunakan untuk memutus arus *input* pada *boost converter* 2 saat tidak digunakan. *Dummy load* digunakan sebagai beban pengganti saat pengujian. Sensor Tegangan dan Arus digunakan untuk menghitung daya yang digunakan *converter* agar mikrokontroler dapat menyesuaikan penggunaan kedua *converter* saat terjadi perubahan beban.



Gambar 3.2 Alur Wiring Rangkaian Converter



Gambar 3.3 Alur Perancangan Sistem Converter

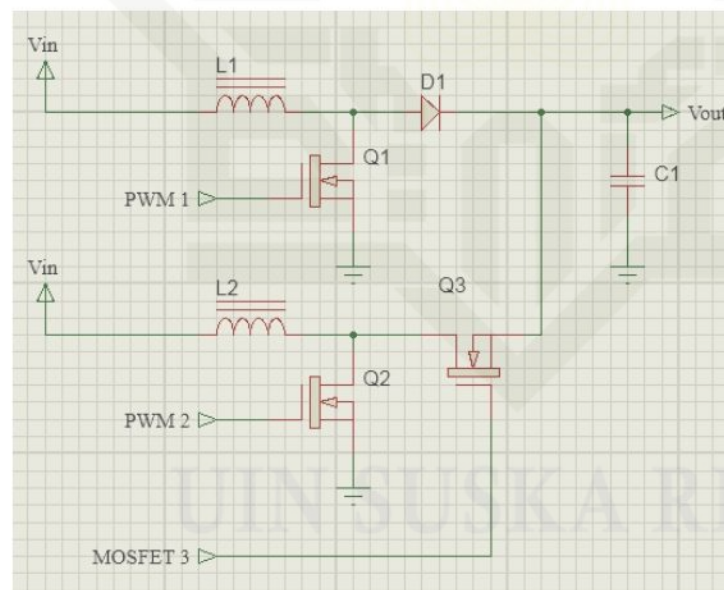
Perancangan sistem ini akan meliputi bagian dari *boost converter* yaitu mulai dari nilai induktor dan nilai kapasitor yang akan digunakan. Setelah nilai komponen didapatkan, *boost converter* dimodifikasi dengan rangkaian tambahan sesuai dari teori *interleaved*. Tahapan perancangan akan dilakukan seperti berikut :

1. Converter

- a. Tahap pertama kita harus menentukan jumlah tegangan dan arus *output*, pada penelitian ini tegangan dan arus *input* diambil berdasarkan tegangan dan arus pada power supply yaitu 36V dan 5A. Untuk tegangan *output* sebesar 220V karena umum digunakan pada listrik di Indonesia, sehingga nilai arus *output* bias didapatkan.

peneliti mengasumsikan daya masuk pada *converter* sama dengan daya keluar menggunakan persamaan 2.19 dan persamaan 2.20.

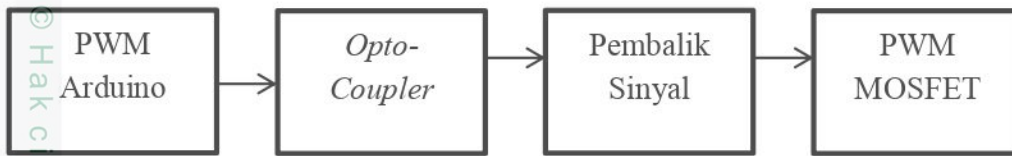
- a. Sebelum mencari nilai induktor dan kapasitor, nilai *duty cycle* harus didapatkan terlebih dahulu menggunakan persamaan 2.10.
- b. Untuk mendapatkan nilai induktor yang di inginkan, maka akan digunakan persamaan 2.12 dan persamaan 2.13 untuk mendapatkan nilai arus *ripple* terlebih dahulu.
- c. Setelah nilai arus *ripple* didapatkan, kemudian nilai tersebut dimasukan kedalam persamaan 2.11. untuk mendapatkan nilai induktornya.
- d. Kemudian nilai komponen yang ingin didapatkan ialah nilai kapasitornya. Namun nilai tegangan *ripple* harus didapatkan terlebih dahulu menggunakan persamaan 2.15.
- e. Setelah nilai tegangan *ripple* didapatkan, kemudian nilai kapasitor dapat dicari menggunakan persamaan 2.14.
- f. Apabila nilai induktor dan nilai kapasitor telah didapatkan, nilai tersebut di masukkan kedalam rangkaian *interleaved boost converter* seperti pada gambar 3.3.



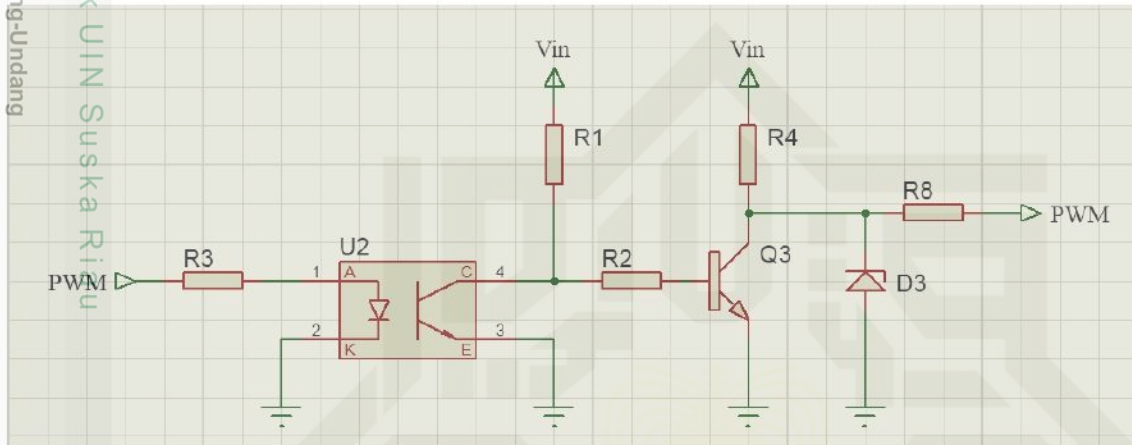
Gambar 3.4. *Wiring Interleaved Boost Converter*

2. Driver

Untuk memberikan sinyal PWM ke MOSFET dibutuhkan *driver* yang terdiri dari *opto-coupler* yang berfungsi sebagai pemisah antara sumber PWM yaitu arduino dengan MOSFET agar arduino tidak terhubung secara langsung dengan MOSFET.



Gambar 3.5. Alur *Wiring Driver* MOSFET



Gambar 3.6. Rangkaian *Driver* MOSFET

Tahapan dilakukan seperti berikut ini :

- a. R1 ditentukan berdasarkan nilai arus yang diperbolehkan untuk melewati *collector* pada *opto-coupler* (U2) yaitu maksimal sebesar 50mA sesuai *datasheet* [23]. Tetapi, untuk menghindari keadaan yang tidak diinginkan seperti arus berlebih yang disebabkan nilai toleransi pada resistor, maka dipilih 20mA agar arus yang melewati *collector* tidak berlebihan begitu juga dengan arus anoda dipilih 20mA agar nilai resistor sesuai dengan yang ada di pasaran dan tegangan PWM sebesar 5V untuk menentukan R3 berdasarkan hukum Ohm.

Dimana V_{in} = Tegangan *input*, I_c = Arus *Collector* U2.

$$R1 = \frac{V_{in}}{I_c}$$

Dimana V_{pwm} = Tegangan PWM terhadap *Ground*, I_a = Arus anoda U2.

$$R3 = \frac{V_{pwm}}{I_a}$$

- b. Untuk R2 dipilih berdasarkan arus maksimum basis pada transistor (Q3) jenis BD139 yaitu sebesar 0.5A sesuai *datasheet* [24], namun untuk menghindari resiko arus berlebih maka di pilih nilai yang sedikit lebih kecil yaitu 0.36A agar nilai resistor sesuai dengan yang ada di pasaran dan begitu juga untuk R4 dan D3 adalah sebuah

diode zener 15V untuk membatasi nilai tegangan pada *gate* MOSFET yang maksimum tegangannya ialah 20V sesuai *datasheet* [25].

$$R2 = \frac{V_{in}}{I_b}$$

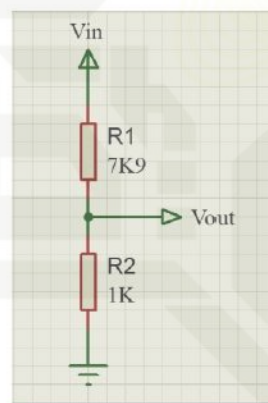
Dimana Dimana V_{in} = Tegangan *input*, I_b = Arus *Base* Q3.

$$R4 = \frac{V_{in}}{I_c}$$

Dimana Dimana V_{in} = Tegangan *input*, I_c = Arus *Collector* Q3.

3. Sensor Tegangan

Sensor Tegangan dirancang berdasarkan teknik *voltage divider* dengan menggunakan resistor yang tersusun secara seri dan tap tengah dari susunan tersebut sebagai outputnya, tegangan *input* dari sensor tegangan ditentukan berdasarkan nilai tegangan tertinggi yang mau dideteksi, pada penelitian ini dipilih 400V agar sesuai dengan tegangan tertinggi pada kapasitor, tegangan *output* sebesar 5V karena tegangan tertinggi yang dapat dideteksi oleh arduino adalah sebesar 5V dan dalam menentukan nilai resistor *voltage divider* salah satu resistornya harus ditentukan sendiri, resistor yang dipilih adalah R2 sebesar 100 Ohm.



Gambar 3.7. Rangkaian Sensor Tegangan

Untuk mendapatkan R1 maka persamaan 2.21 perlu diubah.

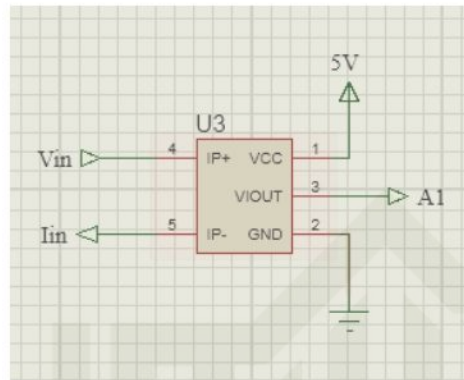
$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R2}{R1 + R2}$$

Sehingga diubah menjadi seperti berikut.

$$R1 + R2 = V_{in} \cdot \frac{R2}{V_{out}}$$

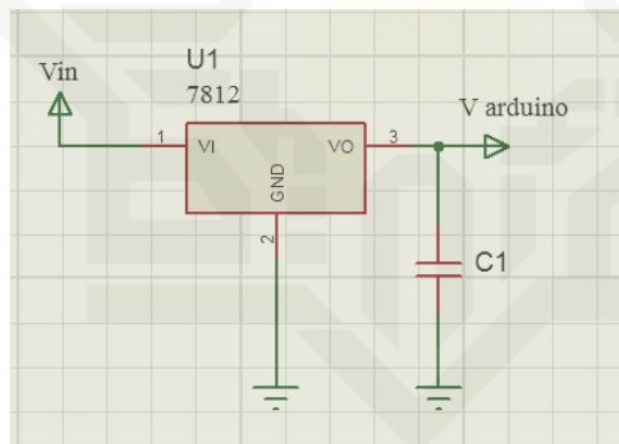
$$R1 = V_{in} \cdot \frac{R2}{V_{out}} - R2$$

Setelah sensor tegangan dirancang, tahap selanjutnya yaitu merancang sensor arus, namun untuk sensor arus akan digunakan modul ACS712 dan akan dihubungkan seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.8. Rangkaian Sensor Arus ACS712

Untuk tegangan sumber arduino akan digunakan catu daya yang berbeda dengan *interleaved boost converter* karena arduino bekerja pada rentang tegangan 5V – 12V. maka akan digunakan IC regulator 7812 untuk menurunkan tegangan *input* sekitar 32 s/d 36V menjadi 12V.



Gambar 3.9. Rangkaian Regulator 12V

3.3.4. Validasi Sensor

Validasi sensor akan diuji dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan hasil pengukuran multimeter. Sensor arus akan digunakan adalah ACS712 seperti pada gambar 3.6. dan validasi akan dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor arus dengan pengukuran ampermeter.

3.3. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini ada dua jenis variable yang akan digunakan yaitu variable terikat dan variable bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai tegangan *output*

yaitu sebesar 220V agar dapat digunakan untuk mencari besar nilai variable bebas seperti nilai *dummy load* menggunakan persamaan 2.22 dan nilai daya yang berdasarkan pengaliran variable tetap dengan variable bebas berupa nilai arus berdasarkan persamaan 2.17.

3.4. Perancangan *Switching* Adaptif

Interleaved boost converter pada penelitian ini digerakan oleh sebuah mikrokontroller untuk menghasilkan dua sinyal PWM yang sama. Disaat *converter* bekerja pada 5% - 45% dari daya maksimum, maka salah satu sinyal PWM akan dinon-aktifkan berdasarkan arus yang dideteksi oleh sensor arus seperti pada penelitian sebelumnya [16]. Ketika salah satu sinyal PWM non-aktif dan *boost converter* yang non-aktif akan diputus arusnya menggunakan sebuah MOSFET, maka salah satu *boost converter* tidak akan berkerja. Untuk menjalankan konsep pengendalian tersebut, maka dirancang suatu kontrol dengan skema *switching* adaptif, yang berfungsi untuk mendeteksi kondisi arus beban dengan mengacu pada karakteristik arus induktor. Melalui konsep pengendalian tersebut maka disusun tabel kebenaran seperti pada tabel.

Tabel 3.1. Tabel Kebenaran *Switching* Adaptif

Kondisi Arus Masuk ke Induktor	Mode Konduksi	PWM 1	PWM 2	MOSFET 3
$I_{in} \times 36 > (0,45 \times 150)$	CCM	On	On	On
$I_{in} \times 36 < (0,45 \times 150)$	DCM	On	Off	Off

3.5. Simulasi Rangkaian

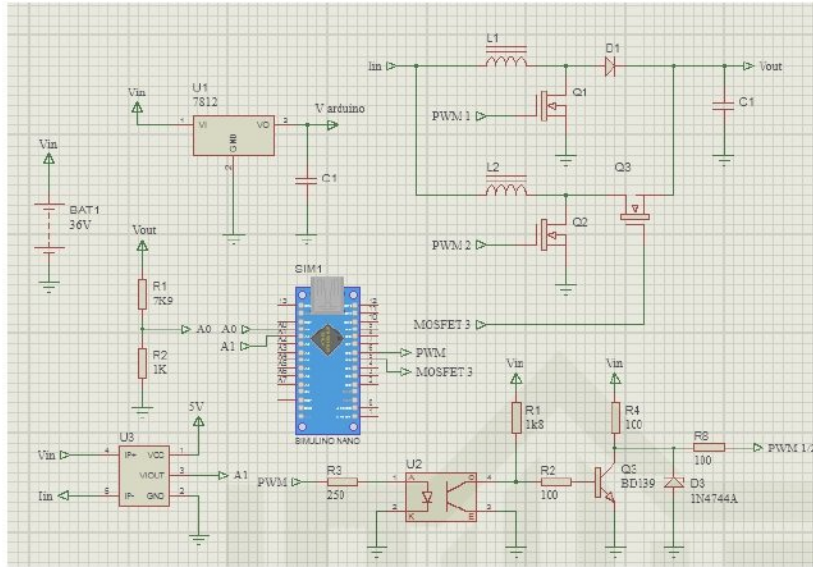
Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak Proteus untuk menguji rangkaian sebelum dibuat bentuk aslinya, agar dapat mengurangi biaya pengeluaran yang disebabkan kesalahan pada rancangan system. Rangkaian *interleaved boost converter* akan diukur *input* dan *output*nya menggunakan osiloskop pada simulator sehingga dapat diketahui besar tegangan dan arus *ripple* pada rangkaian tersebut.

3.6. Rancangan Alat Penelitian

Setelah semua bagian dihitung, Rancangan *interleaved boost converter* akan dibuat secara nyata berdasarkan seperti gambar 3.10 berikut ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

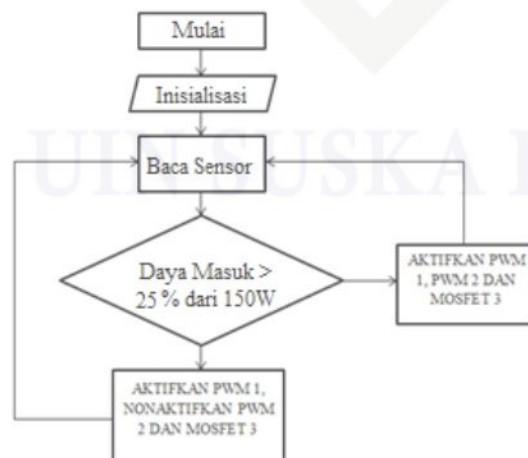
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dari sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.10. Rangkaian *Interleaved Boost Converter* Keseluruhan

3.7. Diagram Alir Program

Setelah *interleaved boost converter* dirancang, kemudian arduino harus di program agar dapat membaca data dari sensor, dan menghasilkan sinyal PWM agar *interleaved boost converter* dapat berkerja. Saat program dimulai, akan dilakukan proses inisialisasi pada arduino untuk melakukan pengaturan awal, kemudian arduino akan membaca sensor, menghitung arus. Jika arus yang terdeteksi kurang 25% dari arus maksimal dikali dengan tegangan *input* sebesar 36V maka hanya PWM 1 akan aktif dan PWM 2, MOSFET 3 akan non-aktif. Jika arus yang terdeteksi besar 45% dari arus maksimum maka kedua PWM dan MOSFET 3 akan aktif, sehingga *boost converter* berubah ke mode *interleaved boost converter*. Program akan di buat berdasarkan diagram alir berikut.

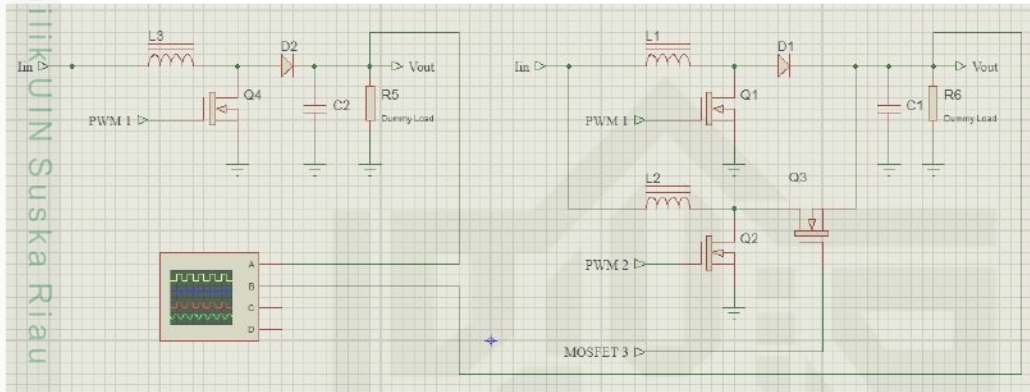


Gambar 3.11. Diagram Alir Program

3.8. Hasil Data Penelitian Yang Akan Di Ambil

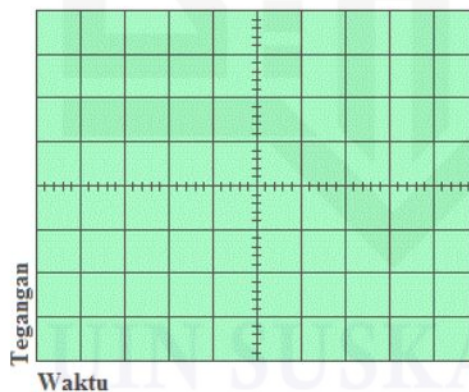
3.8.1. Pengukuran Tegangan *Ripple*

Untuk mengukur tegangan *ripple*, pada penelitian pengambilan data sinyal *ouput* akan dilakukan dengan cara menghubungkan *ouput* dari *converter* ke oscilloscope seperti pada gambar 3.12.



Gambar 3.12. Rangkaian *Converter* ke Oscilloscope

Setelah *Converter* dihubungkan ke oscilloscope, saat simulasi dimulai oscilloscope akan menampilkan gambar gelombang sinyal yang dihasilkan oleh setiap *output* dan gambar sinyal tersebut, kemudian akan diambil sebagai data, seperti pada gambar 3.13 dengan pembacaan bagian vertikal adalah besar tegangan dan horizontal sebagai lama waktu.

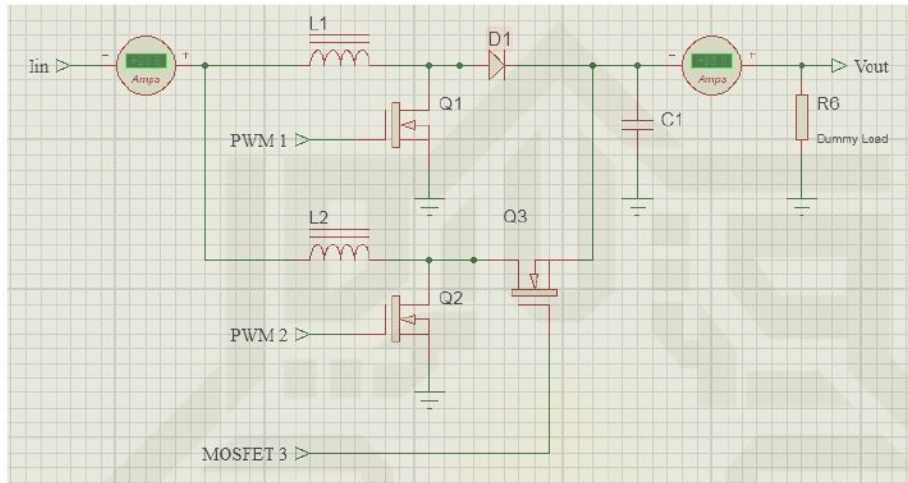


Gambar 3.13. Layar Oscilloscope

Setelah gambar didapatkan, maka tegangan *ripple* pada converter akan dihitung dengan melihat perbedaan tegangan pada gelombang yang ditampilkan oleh oscilloscope. Kemudian untuk mengukur arus *ripple* akan dilakukan pengukuran dari sensor arus ACS712.

3.8.2. Pengukuran Efisiensi

Untuk mengukur efisiensi, *converter* akan diukur arus *input* dan *outputnya*. Pengambilan data arusnya akan dilakukan dengan menghubungkan titik pengukuran dengan sensor arus seperti pada gambar 3.14. Data dari *interleaved boost converter* akan dibandingkan dengan *boost converter* agar dapat diketahui peningkatan efisiensi pada *convertornya*.



Gambar 3.14. Rangkaian Pengukuran Arus Pada *Input* dan *Output Converter*

Pada penelitian ini nilai tegangan *input* sebesar 36V dan *output* 220V sebagai *variable* tetap. Tegangan ini digunakan sebagai pengali untuk mencari daya *input* dan juga daya *output*. Namun untuk mencari daya *output* dibutuhkan nilai arus *output*. Nilai arus akan didapat dari hasil pengukuran seperti pada gambar 3.13 dan dimasukkan kedalam tabel 3.4.

Tabel 3.4. Arus *Output* Berdasarkan *Dummy Load*.

Load (W)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	130	140	150
Arus <i>Input</i> (A)														
Arus <i>Output</i> (A)														

Setelah nilai arus *input* dan *output* didapatkan nilai arus dikali dengan tegangan untuk mendapatkan daya *input* dan daya *output* berdasarkan persamaan 2.18. Kemudian efisiensi dimasukkan kedalam grafik seperti pada gambar 3.15.

$$P = V \times I$$

Sehingga :

$$P_{in} = 36 \times I_{in}$$

Dimana P_{in} = Daya *input*, V_{in} = Tegangan *input* = 36V, I_{in} = Arus *input*.

$$P_{out} = 220 \times I_{out}$$

Dimana P_{out} = Daya *output*, V_{in} = Tegangan *input* = 220V, I_{in} = Arus *input*.



Gambar 3.15. Grafik Efisiensi *Converter*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, untuk mengatasi rendahnya efisiensi *boost converter* pada penggunaan daya tinggi salah satu solusinya yaitu dengan memodifikasi *boost converter* dengan metode *interleaved*, agar pada saat penggunaan daya tinggi *boost converter* masuk dalam mode *interleaved boost converter* sehingga dapat menghasilkan efisiensi yang baik pada saat penggunaan daya tinggi. Berdasarkan hasil simulasi dari modifikasi *interleaved boost converter* telah berhasil menurunkan tegangan dan arus *ripple* yang dihasilkan *boost converter* biasa. Kemudian berdasarkan hasil uji alat secara langsung, efisiensi *boost converter* biasa paling tinggi hanya 87% dengan rata-rata efisiensi 73%, setelah di modifikasi menggunakan metode *interleaved* efisiensi meningkat sebesar 18% dengan efisiensi tertinggi sebesar 98% dengan rata-rata efisiensi 91%. Hasil modifikasi *interleaved boost converter* lebih baik dari pada *boost converter* biasa. Hal ini sesuai dengan hipotesa peneliti bahwa dengan menggabungkan *boost converter* biasa dengan *interleaved boost converter* dapat menghasilkan efisiensi yang relatif tinggi pada pembebanan yang relatif rendah maupun tinggi.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan sudah relatif tinggi, namun tegangan yang dihasilkan masih cukup tinggi dan tidak konstan, sehingga disarankan untuk peneliti berikutnya agar menambahkan pengendali tegangan agar tegangan yang dihasilkan lebih konstan dan mencapai tegangan yang di butuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jean-Etienne Poirrier. (2019, September) World Health Organization. [Online]. <https://www.who.int/sustainable-development/transport/health-risks/air-pollution/en/>
- [2] Airvisual. (2019, September) Airvisual. [Online]. <https://www.airvisual.com/world-air-quality-ranking>
- [3] Annisa Erou and Fajri Fadhillah, "Inventarisasi Emisi Provinsi Dki Jakarta ," *Seri Lembar Informasi Pencemaran Udara Maret 2019* #7, pp. 9-10, maret 2019.
- [4] Francis Mwasilu, Jackson John Justo, Eun-Kyung Kim, Ton Duc Do, and Jin-Woo Jung, "Electric vehicles and smart grid interaction: A review on vehicle to grid and renewable energy sources integration," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 34, pp. 501–516, April 2014.
- [5] Asif Faiz, Christopher S. Weaver, and Michael P. Walsh, *Air Pollution from Motor Vehicles: Standards and Technologies for Controlling Emissions*. Washington DC, United States of America: World Bank, 1996.
- [6] Zhenhe Li, Amir Khajepour, and Jinchun Song, "A comprehensive review of the key technologies for pure electric vehicles," *Energy*, vol. 182, pp. 824-839, june 2019.
- [7] Huang-Jen Chiu and Li-Wei Lin, "A bidirectional DC-DC converter for fuel cell electricvehicle driving system," *IEEE Transactions on Power Electronics*, pp. 950 - 958, 2006.
- [8] Muhammad H. Rashid, *Power Electronics Handbook*. Pensacola: Academic Press, 2001.
- [9] K. Jyotheeswara Reddy and N. Sudhakar, "High Voltage Gain Interleaved Boost Converter with Neural Network Based MPPT Controller for Fuel Cell Based Electric Vehicle Applications," *IEEE Access*, pp. 3899 - 3908, 2018.
- [10] Keysight Technologies, Inc. (2017, Sep.) Power Conversion Efficiency Measurement.
- [11] A. Haroun, El Aroudi A. Cid-Pastor, and L. Martfnez-Salamero, "Sliding Mode Control of output-parallel-connected two-stage boost converters for PV systems," *IEEE 11th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices*, pp. 1-6, 2014.
- [12] Noer Soedjarwanto, Endah Komalasari, and Venus Asadilla, "Rancang Bangun Multilevel Boost Converter Untuk Catu Daya Motor Arus Searah Pada Kendaraan Listrik Berbasis Mikrokontroler," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi*,



pp. 111-117, 2018.

- [13] J.C. Rosas-Caro, J.M. Ramirez, F.Z. Peng, and A. Valderrabano, "A DC–DC multilevel boost converter," *IET Power Electron*, pp. 129– 137, 2010.
- [14] Wikipedia. (2019, July) Wikipedia. [Online].
[https://en.wikipedia.org/wiki/Ripple_\(electrical\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ripple_(electrical))
- [15] Fei Yang, Chunhui Li, Yong Cao, and Kai Yao, "Two-phase Interleaved Boost PFC Converter with Coupled Inductor under Single-phase Operation," *IEEE Transactions on Power Electronics*, pp. 169 - 184, 2019.
- [16] Riz Rifai Oktavianus Sasue, Eka Firmansyah, and Suharyanto, "PERBAIKAN EFISIENSI INTERLEAVED BOOST CONVERTER 200 W PADA KONDISI BEBAN RENDAH MENGGUNAKAN SKEMA PENSAKLARAN ADAPTIF," *Jurnal Telematika*, pp. 37-51, 2018.
- [17] Ahmad Kalmin, "Simulasi dan Berifikasi Modul Surya Terhubung Dengan Boost Converter Pada Jaringan Listrik Mikro Arus Searah Dengan Menggunakan Matlab Simulink," Depok, 2012.
- [18] Melzi Ambar Mazta, Ahmad Saudi Samosir, and Abdul Haris, "Rancang Bangun Interleaved Boost Converter Berbasis Arduino," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, pp. 22-29, 2016.
- [19] Aufar Gusviandi Pratama, "DESAIN DAN IMPLEMENTASI INTERLEAVED BOOST," Surabaya, Skripsi 2014.
- [20] Brendan C. Barry, John G. Hayes, and Michael G. Egan, "CCM and DCM Operation of the Integrated-Magnetic Interleaved Two-phase Boost Converter," in *2014 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition - APEC 2014*, Fort Worth, TX, USA, 2014.
- [21] wikibooks. (2016, November) Electronics/Voltage Dividers. [Online].
https://en.wikibooks.org/wiki/Electronics/Voltage_Dividers
- [22] Frederick J. Buech, *Schaum's: Fisika Universitas Edisi 10.*: Erlangga, 2007.
- [23] SHARP Corporation. (2003, September) PC817X Series.
- [24] Fairchild Semiconductor International. (2000, February) BD135/137/139.
- [25] International Rectifier Corporation. (2004, July) IRFIZ44N.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

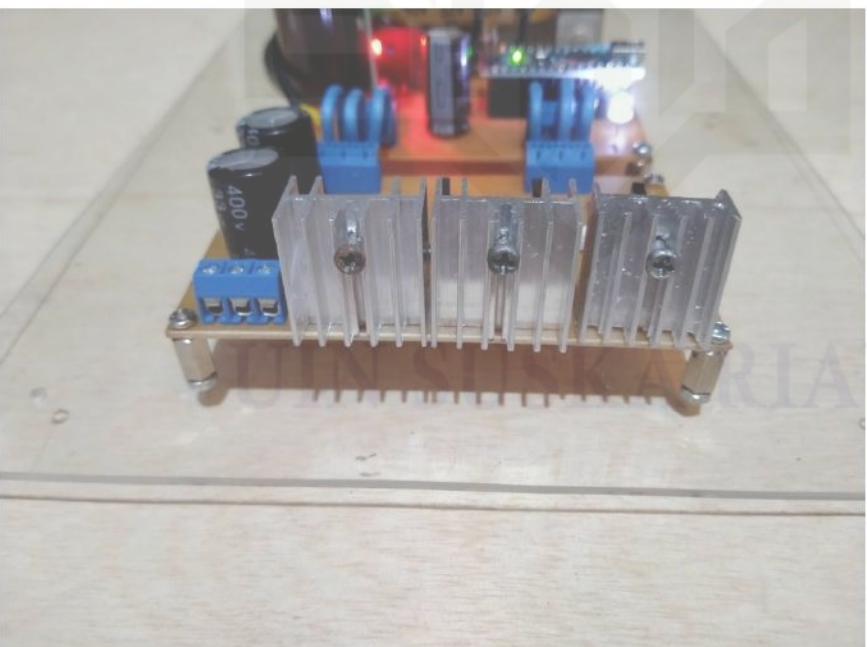
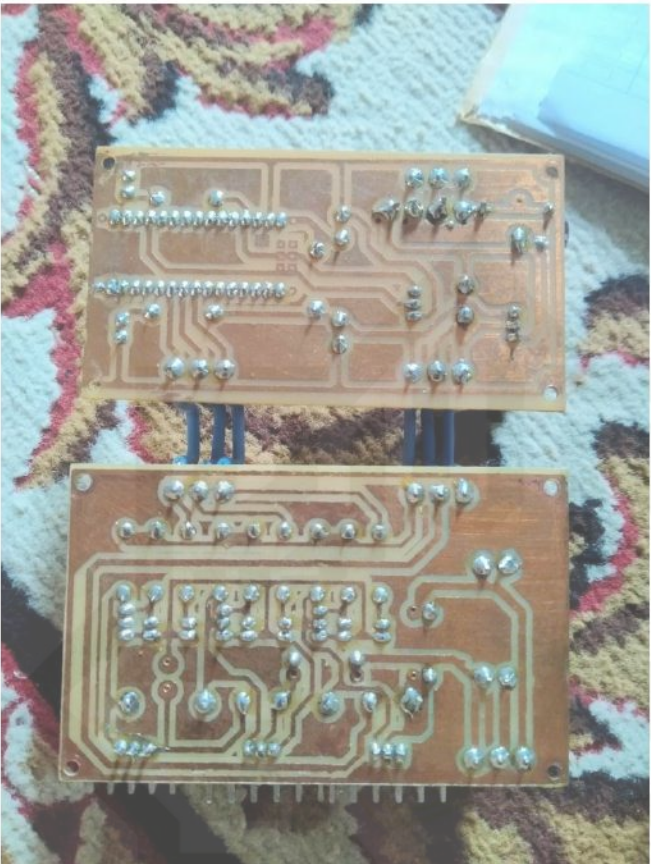
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

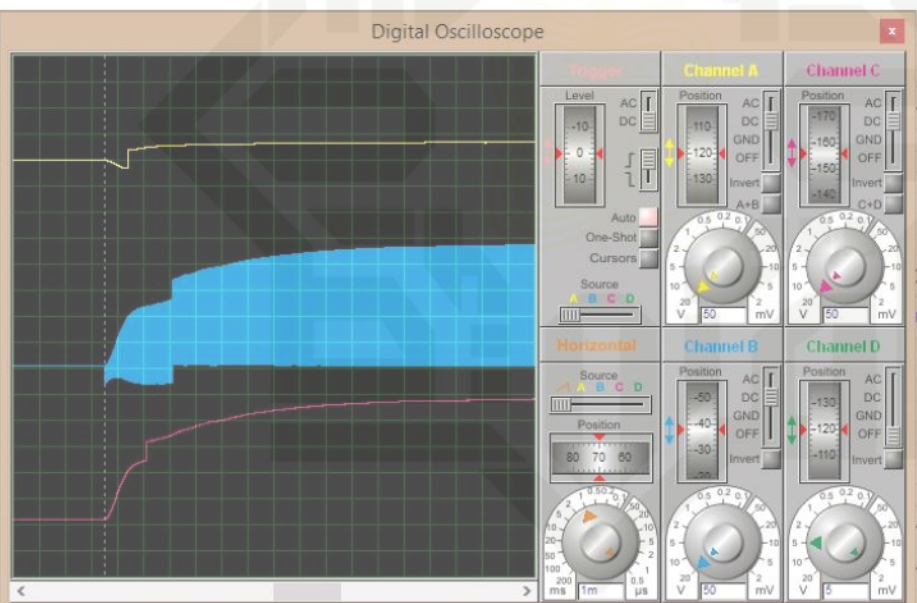
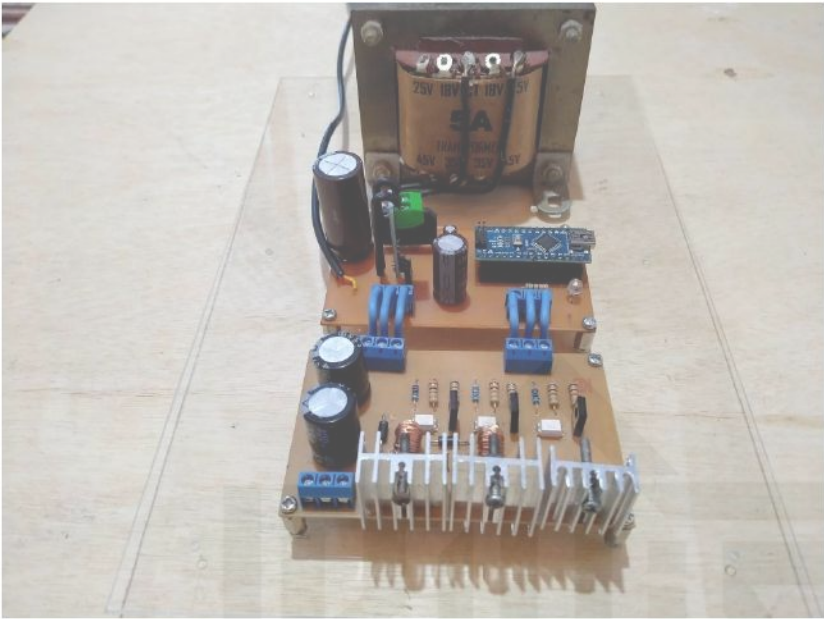
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

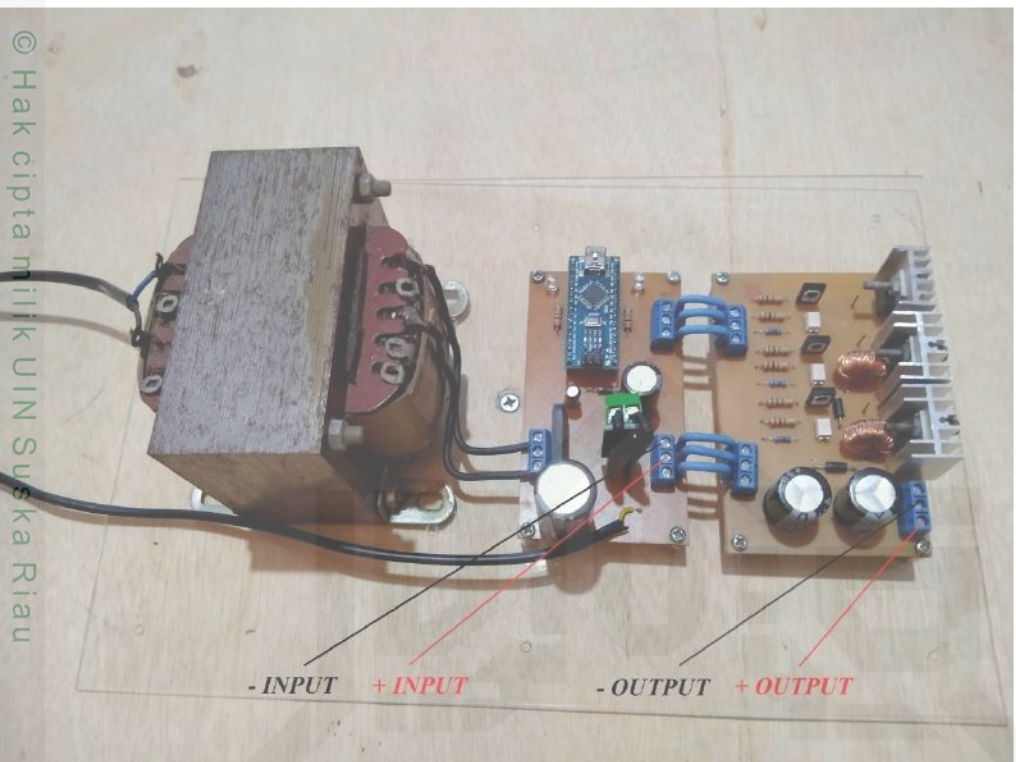
LAMPIRAN 1



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



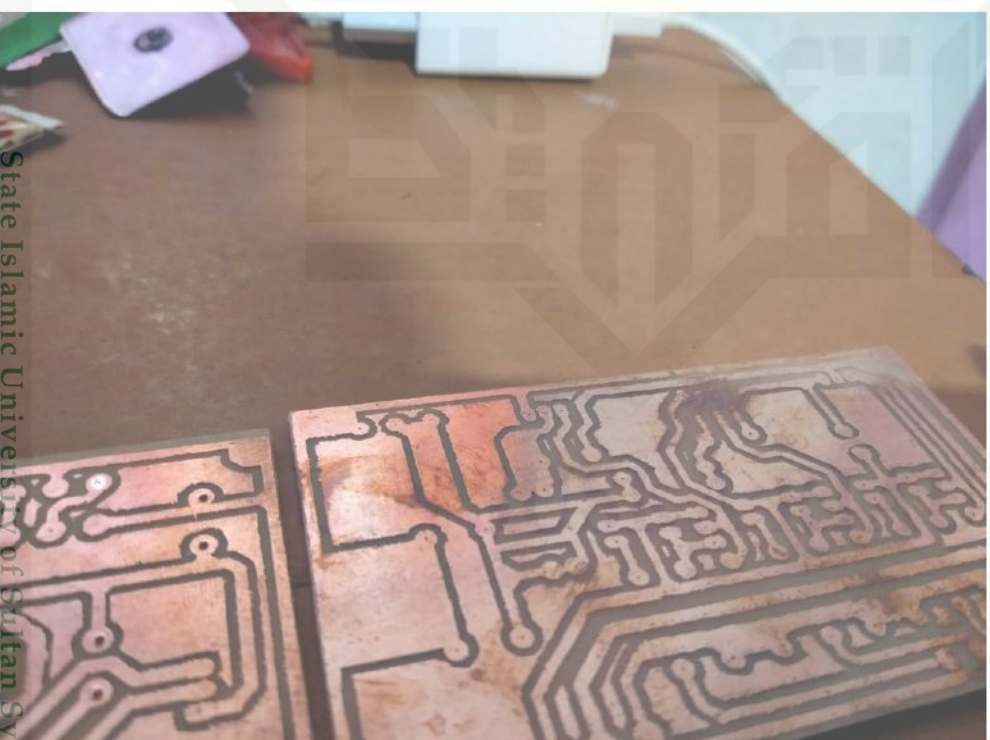


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

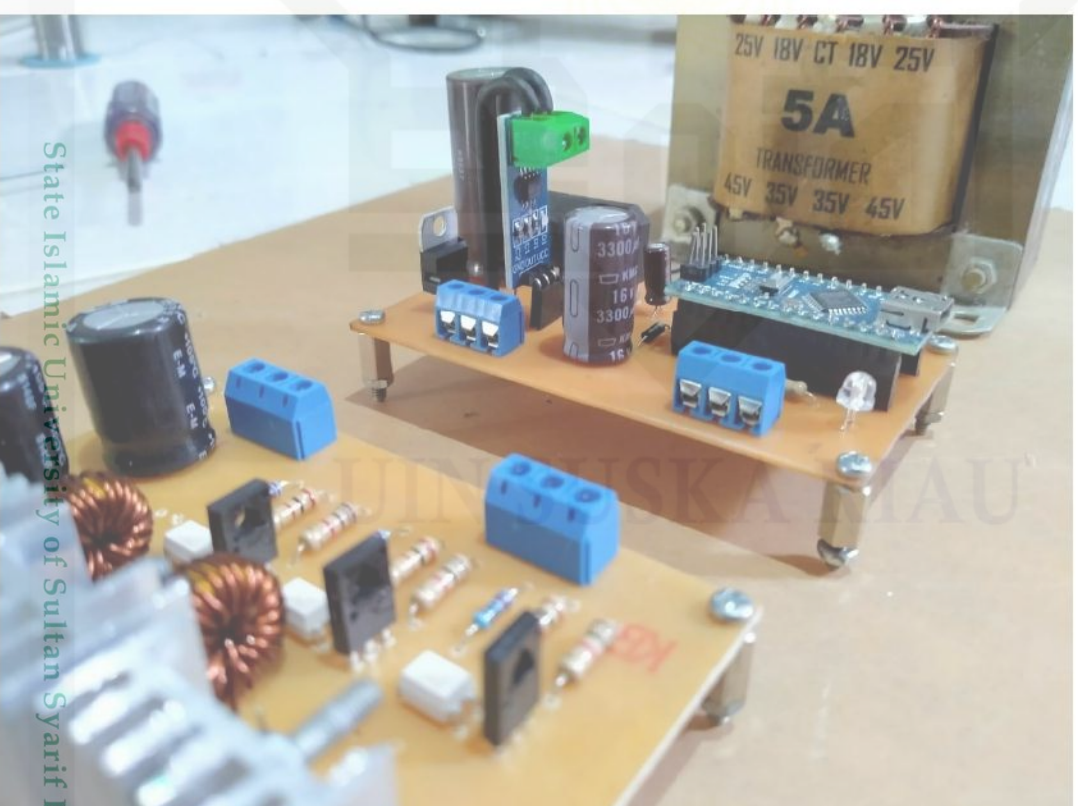
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

-



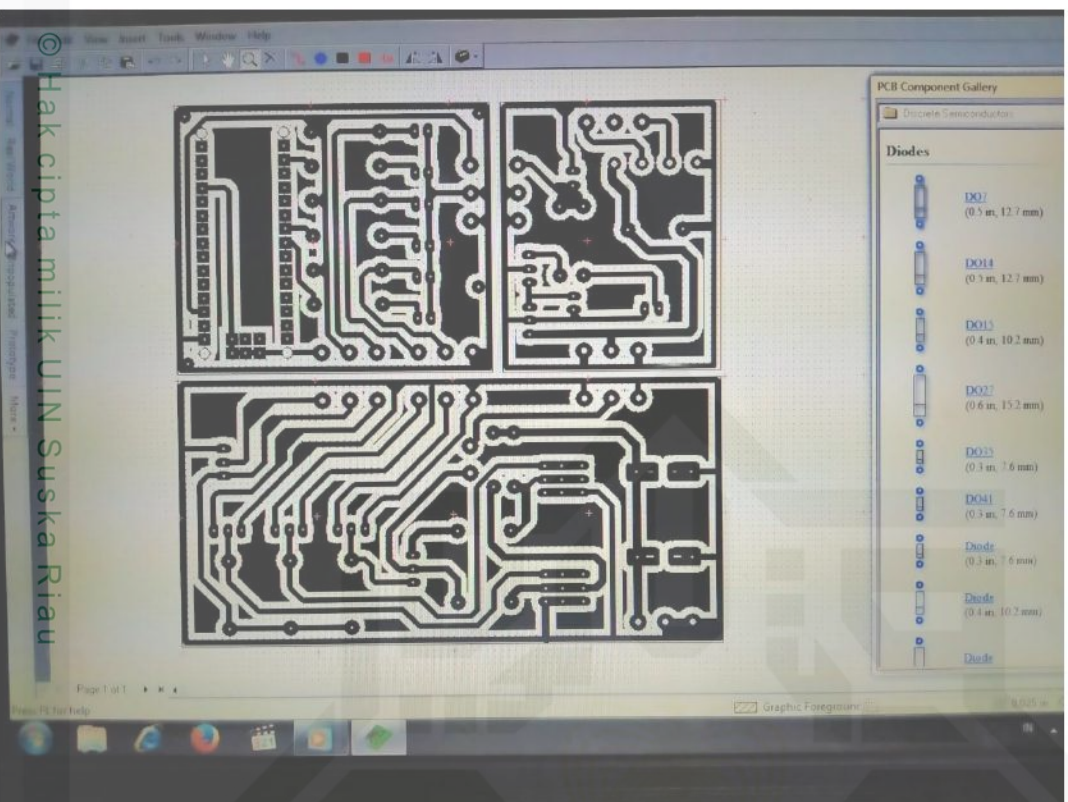
© Hak cipta milik UIN Suska Riau



State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

SHANDY RESAVAL, lahir di Jakarta, 10 September 1998 sebagai anak pertama dari Restu Redha yang beralamat di Jl.Muhajirin, Pekanbaru.

Telp : 081365573785.

Email : 11655103653@students.uin-suska.ac.id.

HP : 08899617788

Pengalaman pendidikan dimulai pada TK AL-JIHAD Pekanbaru pada tahun 2005-2006, kemudian dilanjutkan ke SDN 033/167 Pekanbaru pada tahun 2006-2010, kemudian dilanjutkan ke SMPN 021 Pekanbaru pada tahun 2010-2013, kemudian dilanjutkan ke SMKN 2 Pekanbaru jurusan teknik elektronika audio video pada tahun 2013-2016 dan terakhir dilanjutkan ke tingkat perguruan tinggi di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Fakultas SAINTEK, Teknik Elektro konsentrasi Instrumentasi pada tahun 2016-2020 dengan predikat Sangat Memuaskan. Penelitian tugas akhir berjudul Modifikasi Interleaved Boost Converter Dengan Switching Adaptif Untuk Meningkatkan Efisiensi Converter Pada Kendaraan Listrik